



**JAHRESBERICHT**  
**09/10**

// FRAUNHOFER IZM

**JAHRESBERICHT**  
**09/10**

---

**Vorwort** Seite 4

---

**Fraunhofer IZM**

Fraunhofer-Gesellschaft	Seite 8
Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik	Seite 9
Zuverlässig an Ihrer Seite: Fraunhofer IZM	Seite 11
Unsere Stärke: Zusammenarbeit mit der Industrie	Seite 13
Unsere Kompetenz: Von der Technologieentwicklung zur Anwendung	Seite 15
Unser Service: Von der Materialcharakterisierung bis zur Zuverlässigkeitsanalyse	Seite 17
Labor-Highlight 1: All Silicon Systems Integration Center Dresden ASSID	Seite 19
Labor-Highlight 2: Prozesslinie zur Substratfertigung	Seite 20
Labor-Highlight 3: Electronics Condition Monitoring	Seite 21
Zusammenarbeit mit Universitäten	Seite 22
Internationale Forschungskooperationen	Seite 24

---

**Kooperation mit dem Fraunhofer IZM**

Ihre Verbindung zu unseren Technologien	Seite 28
Fraunhofer IZM Marketing	Seite 29
Applikationszentrum Smart System Integration	Seite 30
Veranstaltungen 2010	Seite 32
Forschungsgebiete und -inhalte	Seite 34

---

**Forschungs-Cluster Integration auf Substratebene**

Highlight	Seite 38
Systemintegration & Verbindungstechnologien	Seite 40
Polytronische Systeme	Seite 44
PCB Soldering Training/Qualification and Micro Mechatronics	Seite 46

---

**Forschungs-Cluster Integration auf Wafer Ebene**

Highlight	Seite 50
Siliziumtechnologie und Vertikale Systemintegration	Seite 52
High Density Interconnect and Wafer Level Packaging	Seite 54
Nanomaterialien und Bauelemente	Seite 56

---

**Forschungs-Cluster Materialien, Zuverlässigkeit und Nachhaltige Entwicklung**

Highlight	Seite 60
Micro Materials Center	Seite 62
Environmental Engineering	Seite 64

---

**Forschungs-Cluster Systemdesign**

Highlight	Seite 68
System Design & Integration	Seite 70
Mikromechanik, Aktorik und Fluidik	Seite 72

---

**Veranstaltungen**

Events & Workshops	Seite 76
Messeaktivitäten	Seite 79
Nachwuchsförderung	Seite 80

---

**Facts & Figures**

Das Fraunhofer IZM in Fakten und Zahlen	Seite 84
Auszeichnungen	Seite 86
Vorlesungen, Editorials	Seite 88
Dissertationen, Best Paper-Auszeichnungen	Seite 89
Mitgliedschaften	Seite 90
Kooperation mit der Industrie	Seite 92
Publikationen	Seite 94
Patente und Erfindungen	Seite 98
Fraunhofer IZM Kuratorium	Seite 99
Fraunhofer IZM Kontaktadressen	Seite 100

Impressum	Seite 103
-----------	-----------

## VORWORT

Mit dem Jahr 2010 brechen für das Fraunhofer IZM neue Zeiten an. Prof. Herbert Reichl, einer der Gründerväter des Institutes geht in den Ruhestand. Mit Dr. Lang und Prof. Bock stehen zwei bewährte Mitarbeiter bereit, gemeinsam die kommissarische Leitung des Fraunhofer IZM zu übernehmen. Harald Pötter, Marketingleiter am Fraunhofer IZM, sprach mit den Dreien über die Zukunft der Mikrosystemtechnik.

**Herr Prof. Reichl, Sie sind seit 22 Jahren Professor an der TU Berlin und haben vor 16 Jahren das Fraunhofer IZM gegründet. Wie haben sich in dieser Zeit die fachlichen Schwerpunkte verändert?**

**Prof. Reichl** Zu Beginn meiner Tätigkeit in Berlin bestanden weltweit besondere Defizite in der Aufbau- und Verbindungstechnik für Sensoren und integrierte Schaltungen. Die rasche Fortentwicklung der Mikroelektronik führte zu Schaltkreisen mit über 500 Anschlüssen, für die Telekommunikation mussten Strukturen bis über 20 GHz optimiert werden. Die Verlustleistungen stiegen auf über 40 W pro Chip. Die Aufbau- und Verbindungstechnik war auf diese Entwicklungen wenig vorbereitet. Meine ersten Arbeiten in Berlin befassten sich dann auch mit der Entwicklung von Softwareprogrammen zur elektrischen und thermischen Charakterisierung von Strukturen der Aufbau- und Verbindungstechnik. Auch wurden von Beginn an fortschrittliche Kontakttechnologien (z. B. TAB, Flip Chip) für MultiChip-Module entwickelt. Ebenfalls wurden bereits Lösungen für das Einbetten von aktiven und passiven Komponenten in Keramiksubstraten erforscht.

Synergieeffekte mit der Arbeitsgruppe für Bruchmechanik der ehemaligen Akademie der Wissenschaften in Chemnitz und der für Verbindungstechnik in der Elektronik der Humboldt-Universität führten 1993 zur Gründung der Fraunhofer-Einrichtung für Zuverlässigkeit und Mikrointegration. Kernpunkt der Arbeiten des Fraunhofer IZM waren in Ergänzung der Arbeiten an der TU Berlin Weiterentwicklung und Implementierung neuer Methoden bei Fragen der elektrischen, mechanischen und thermischen Zuverlässigkeit sowie Verbindungstechnologien auf Leiterplattenebene und das Environmental Engineering.

Heute stehen wir mit der Heterointegration an der Schwelle zu einer neuen Arbeitsauffassung der Systemintegration. Schneller als früher müssen heute in der Zusammenarbeit mit der Industrie anwendungsorientierte und produzierbare Lösungen geschaffen werden. Dabei ändert sich die Herangehensweise: War früher die Technologie der Dreh- und Angelpunkt für neue Ent-



1

wicklungen und die Anwendung der Endpunkt, so gibt heute die Anwendung vor, wie eine Technologie auszusehen hat. Besonders anschaulich wird dieser Trend bei der Integration von Elektronik in Textilien, wo mittlerweile mit Technologien der Textilherstellung Leiterbahnen und Verbindungselemente hergestellt werden.

**Wie sehen Sie die Zukunft der Mikroelektronik in Europa und welche Themen werden in den nächsten 10 Jahren von großer Bedeutung für die internationale Mikroelektronik-Branche sein? Wo erwarten Sie wegweisende Veränderungen?**

**Dr. Lang** Die Mikroelektronik wird in Europa den Weg von »More Moore« und hin zu »More than Moore« weiterhin konsequent und erfolgreich beschreiten. Nicht nur höchstminiaturisierte digitale Komponenten sondern multifunktionale Systeme (Smart Systems) werden im Mittelpunkt der Aktivitäten stehen. Aus technologischer Sicht spielt hier die Heterointegration eine entscheidende Rolle. Dabei wird der Anwendungsbezug deutlich an Gewicht gewinnen. Auch wird in der Zukunft von Beginn der Produktentwicklung an ein engeres Zusammenwirken von Halbleiterfirmen und Anwendern erforderlich werden. Dafür bietet dieser Trend den europäischen Halbleiterherstellern die Chance, sich über gemeinsam mit ihren Kunden entwickelte Lösungen vom internationalen Wettbewerb abzuheben. Waren früher die Halbleiterhersteller mit der größten Kompetenz in der Entwicklung von Standardprozessen am erfolgreichsten, so werden es zukünftig die Systemhersteller sein, die flexibel, kompetent und vor allem schnell die Wünsche der Kunden in komplexe Produkte umsetzen können. Hier bieten Deutschland und Europa infolge ihrer starken Anwenderindustrie den Halbleiterherstellern hervorragende Entwicklungschancen.

**Prof. Bock** In diesem Zusammenhang werden die Erforschung und Entwicklung von multifunktionalen Mikrosystemen breiten Raum einnehmen. Hetero-integrierte Kunststoff-Mikrosysteme, neuartige Funktionsschichtprozesse sowie additive Strukturierungsverfahren werden an Bedeutung gewinnen, da diese dabei helfen, die Kosten der Herstellung und Systemintegration zu reduzieren. Ein Beispiel sind »Modular-On-Top«-Technologien (MOTT). Durch das Aufbringen zusätzlicher funktionaler Schichten auf Standard Silizium- oder MEMS-Bausteine wird ein beträchtlicher Mehrwert bei industriellen Systemlösungen erreicht. Diese Systeme lassen sich zudem auf Standard-Wafergrößen flexibel für eine Vielzahl von Anwendungsbereichen entwickeln und fertigen. Im Bereich der Polytronik werden hauptsächlich heterointegrierte hybrid-organische Systeme am Markt erscheinen, auf mittlere Sicht werden bei Anwendungen wie z. B. Treiber- und Ansteuerlektronik für flexible Displays auch nahezu voll-organische integrierte Systeme Einzug in Produkten halten. Auf lange Sicht werden wir auch zu großflächigen Systemen und zu Plastik-MEMS kommen.

1 Prof. Herbert Reichl,  
Institutsleiter Fraunhofer IZM



**Welche Aufgaben und Forschungsfelder werden in Zukunft beim Fraunhofer IZM größere Bedeutung bekommen?**

**Dr. Lang** Wie bereits ausgeführt wird bei uns der System- und Anwendungsbezug weiter gestärkt werden. Die Erhöhung der Zuverlässigkeit, die Integration von Sensoren und Aktoren sowie die Miniaturisierung und Anpassung an vorgegebene Bauräume, also die Heterosystemintegration, steht weiterhin im Mittelpunkt der Arbeiten. Technologisch sind die 3D-Integration auf Wafer-Ebene, System in Package-Konzepte bei der Modulintegration und Embedding-Technologien im Baugruppenbereich sowie die Zuverlässigkeit zentrale Themen. In Berlin konnten wir im Jahr 2009 eine neue Linie für multifunktionale Boards in Betrieb nehmen, deren Durchgängigkeit und Produktionstauglichkeit eine direkte Übertragung in eine industrielle Fertigung ohne großen Aufwand ermöglicht. Mit der Gründung der Projektgruppe All Silicon System Integration Dresden (ASSID) gilt gleiches für unsere Aktivitäten im Bereich der 3D-Silizium-Systemintegration auf Waferlevel. Zur Finanzierung der Geräteerausstattung stellen Bund, Europäische Union und Freistaat Sachsen erhebliche Mittel zur Verfügung, ohne die diese Kompetenzerweiterung des IZM nicht möglich gewesen wäre.

**Prof. Bock** Komplettiert werden diese Arbeiten zur 3D-Integration mit unseren MOTT-Aktivitäten in München. Dort wird die Zusammenführung unserer Aktivitäten im Bereich der Polytronik und der Biosystemintegration mit den Silizium- und MEMS Technologien zu erheblichen Synergien für die multi-funktionale 3D-Systementwicklung in der nahen Zukunft führen. Mehrere integrierte Förderprojekte der Europäischen Kommission und des Freistaates Bayern bilden hierbei in den nächsten Jahren einen wichtigen Beitrag. Zur Unterstützung dieser Aktivitäten werden wir die vernetzte örtliche Zusammenarbeit zwischen Firmen und Forschungseinrichtungen (Open Innovation) vorantreiben. Wir werden unser Technologiezentrum in München erweitern wollen und Kooperationen mit Partnerinstituten intensivieren. Hier sind uns weitere Erfolge im Jahr 2009 gelungen. Wir konnten unsere Kooperation mit der Universität der Bundeswehr in München über die der MOTT-Technologien hinaus auch auf polytronische Systeme ausweiten und dank der Förderung durch den Freistaat Bayern die Kooperation mit der Universität Regensburg auf das Gebiet der chemischen Sensormaterialien ausdehnen.

**Welche Auswirkungen spüren Sie in Ihrem Institut aufgrund der Wirtschaftskrise und welche Chancen und Risiken können sich daraus in der Zukunft ergeben?**

1 Dr. Klaus-Dieter Lang

2 Prof. Karlheinz Bock

**Prof. Reichl** Als Forschungspartner der Investitionsgüterindustrie waren wir natürlich vom Abschwung in 2009 betroffen. Unsere Wirtschaftserträge sind merklich zurückgegangen. Mit dem Anziehen der Weltkonjunktur und der damit einhergehenden Erholung der Investitionsneigung ist für unsere Kunden in 2010 mit einer Rückkehr in die Wachstumszone zu rechnen. In der Folge davon rechnen auch wir mit einer Normalisierung der Nachfrage.

Abgefedert wurde die nachlassende Nachfrage von dem gestiegenen Interesse nach neuen Technologien und innovativen Systemlösungen. Auch in der Krise scheinen neue, fortschrittliche Produktentwicklungen zumindest ein Weg zu sein, um im weltweiten Wettbewerb bestehen zu können. Hier gilt unser Dank auch unseren Mitarbeitern, die mit Engagement und Innovationsgeist neue Wege aufgezeigt haben. Unterstützt wurde dieser Tatendrang durch Forschungsprogramme insbesondere des Bundes sowie der Länder Berlin, Brandenburg, Sachsen und Bayern.

Für dieses Vertrauen in unsere Leistungsfähigkeit auch in wirtschaftlich schwierigen Zeiten bedanken wir uns bei unseren Kunden und Mittelgebern ganz besonders. Und wir hoffen, sie mit dieser Lektüre zu weiteren interessanten Kooperationsprojekten anregen zu können.

**Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen.**

Ihre

## DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

*Das Fraunhofer IZM ist eines von 59 Fraunhofer-Instituten, die sich überwiegend natur- und ingenieurwissenschaftlichen Themen der angewandten Forschung verschrieben haben. Denn: Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft.*

*Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.*

### Zahlen und Fakten

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 59 Institute. 17.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,6 Milliarden Euro. Davon fallen 1,3 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Nur ein Drittel wird von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden. Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

### Forschen für die Praxis

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826), der als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich war. Um ihren Kunden ein breites Dienstleistungsspektrum anbieten zu können, bündelt die Fraunhofer-Gesellschaft die Kompetenzen Ihrer 59 Institute in den sieben Forschungsverbänden Informations- und Kommunikationstechnologie, Life Sciences, Mikroelektronik, Light & Surfaces, Werkstoffe und Bauteile, Produktion sowie Verteidigungs- und Sicherheitsforschung.

Das Fraunhofer IZM ist Mitglied des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik und dort Ihr Ansprechpartner für Packaging und Systemintegration.



## FRAUNHOFER-VERBUND MIKROELEKTRONIK

Der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik (V $\mu$ E) koordiniert seit 1996 die Aktivitäten der auf den Gebieten Mikroelektronik und Mikrointegration tätigen Fraunhofer-Institute: Das sind zwölf Institute (und drei Gastinstitute) mit ca. 2.700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Das jährliche Budget beträgt etwa 255 Millionen Euro. Die Aufgaben des Fraunhofer V $\mu$ E bestehen im frühzeitigen Erkennen neuer Trends und deren Berücksichtigung bei der strategischen Weiterentwicklung der Verbundinstitute. Dazu kommen das gemeinsame Marketing und die Öffentlichkeitsarbeit.

Weitere Arbeitsfelder sind die Entwicklung gemeinsamer Themenschwerpunkte und Projekte. So kann der Verbund insbesondere innovativen mittelständischen Unternehmen rechtzeitig zukunftsweisende Forschung und anwendungsorientierte Entwicklungen anbieten und damit entscheidend zu deren Wettbewerbsfähigkeit beitragen. Die Kernkompetenzen der Mitgliedsinstitute werden gebündelt in den Querschnittsfeldern:

- Halbleitertechnologie
- Technologien der Kommunikationstechnik und den anwendungsorientierten Geschäftsfeldern
- Licht
- Sicherheit
- Energieeffiziente Systeme und eMobility
- Ambient Assistent Living AAL
- Unterhaltung

Innerhalb der Geschäftsfelder des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik ist das Fraunhofer IZM Ihr Ansprechpartner für Packaging und Smart System Integration.

Die Geschäftsstelle des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik ist das zentrale Koordinierungsbüro. In enger Zusammenarbeit mit den Instituten bildet sie das Bindeglied zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Beteiligt sind die Fraunhofer-Institute IAF, IDMT (Gast), FHR, IIS, IISB, IMS, HHI, FOKUS (Gast), IPMS, ISIT, IZFP (Gast), IZM, sowie die Fraunhofer-Einrichtungen ESK, ENAS und das Fraunhofer-Center CNT.

### Verbundvorsitzender:

Prof. Dr.-Ing. Heinz Gerhäuser  
Telefon +49 913 1776-101  
Fax +49 913 1776-199  
heinz.gerhaeuser@iis.fraunhofer.de  
Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS  
Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen

### Leiter der Geschäftsstelle:

Dr.-Ing. Joachim Pelka  
Telefon +49 30 6883759-6100  
Fax +49 30 6883759-6199  
joachim.pelka@mikroelektronik.fraunhofer.de  
Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik  
Anna-Louisa-Karsch-Str. 2, 10178 Berlin, Germany

### Projektmanagement:

Jörg Stephan  
Telefon +49 30 6883759-6102  
Fax: +49 30 6883759-6199  
Joerg.stephan@mikroelektronik.fraunhofer.de

www.vue.fraunhofer.de

# ZUVERLÄSSIG AN IHRER SEITE: FRAUNHOFER IZM



## Systemintegration

Elektronik ist aus dem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Immer mehr Produkte enthalten Sensoren, die Signale aus der Umwelt aufnehmen, die dann elektronisch aufbereitet und dem Nutzer wie bei Navigationsgeräten grafisch dargestellt oder an technische Prozesse, etwa zur Steuerung einer Heizung weitergeleitet werden.

Von der dahinter stehenden ausgeklügelten Elektronik merkt der Nutzer fast nichts, denn die Elektronik verschmilzt immer mehr mit dem Produkt. Damit dies möglich ist, muss sie extrem miniaturisiert, robust und langlebig sein – außerordentliche Eigenschaften, denen sich das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM unter dem Stichwort »Electronic Packaging« verschrieben hat.

## Electronic Packaging: Kleiner – kostengünstiger – zuverlässiger

Am Fraunhofer IZM wird entwickelt, was für den Anwender meist unsichtbar ist und oft unterschätzt wird: Aufbau- und Verbindungstechnik, auch Electronic Packaging genannt. Sie ist das Herzstück jeder Elektronikanwendung, verbindet die einzelnen Komponenten, schützt vor Vibration oder Feuchte und leitet Wärme zuverlässig ab. So ist gewährleistet, dass Elektronik auch bei widrigsten Umgebungsbedingungen zuverlässig funktioniert.

Moderne Packaging-Technologien sorgen dafür, dass etwa ICs verarbeitet werden können, die dünner sind als ein Blatt Papier. Damit ist es z. B. möglich, die gesamte Elektronik eines Hörgerätes dezent im Ohr verschwinden zu lassen.

Auch die Herstellungskosten für komplexe Elektroniksysteme sind durch cleveres Packaging reduzierbar. Mit Partnern aus der Industrie wird z. B. die nächste Generation von Radarsensoren für Fahrerassistenzsysteme so günstig aufgebaut, dass auch Mittelklassefahrzeuge davon profitieren.

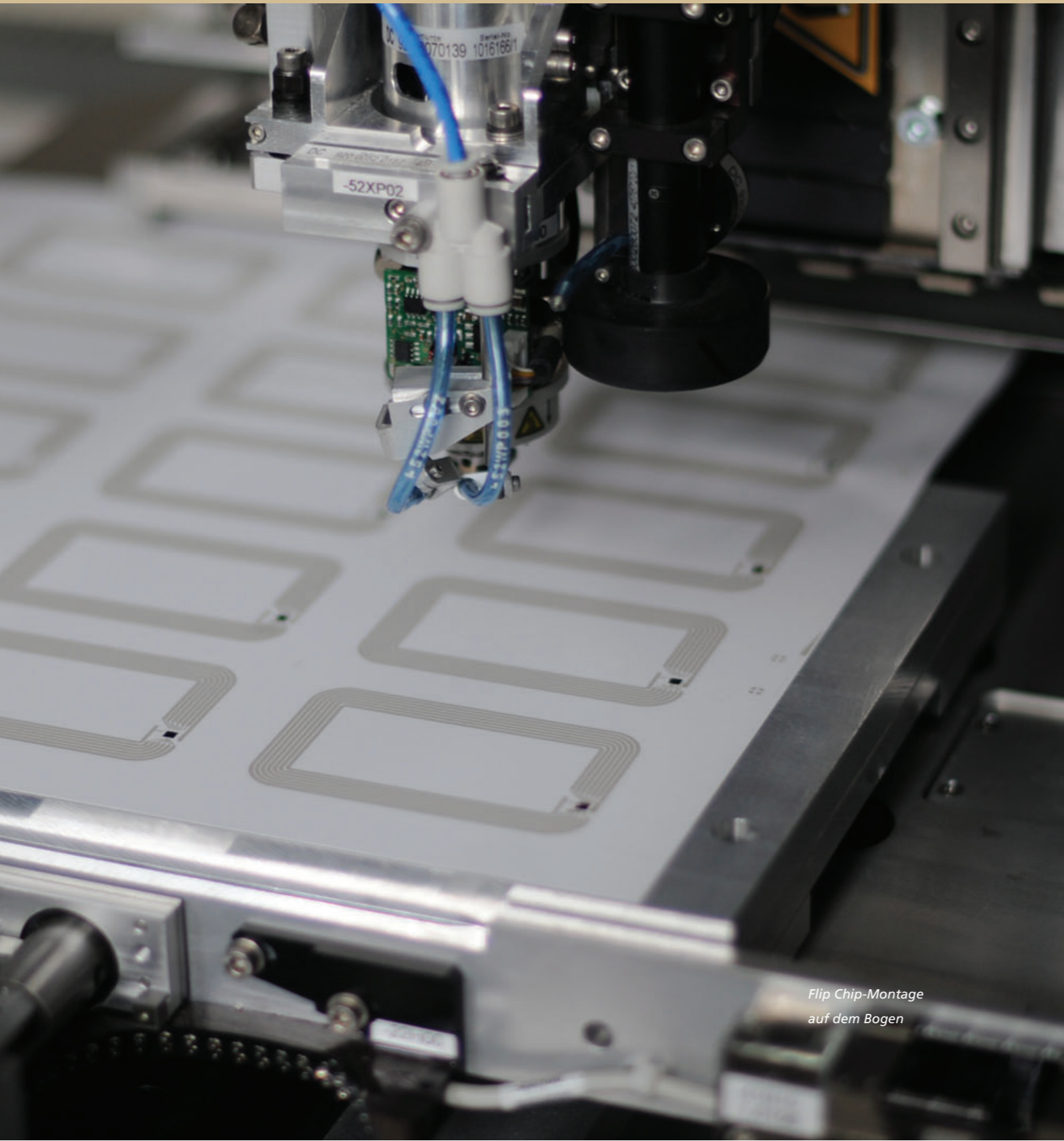
Doch was wäre die Unterstützung durch Elektronik, wenn diese nicht zuverlässig funktioniert?

Forschung am Fraunhofer IZM bedeutet: Elektronik zuverlässiger gestalten, um sichere Aussagen zur Haltbarkeit der Elektronik treffen zu können. Hier wird Elektronik unter realitätsnahen Einsatzbedingungen getestet und somit fit für die Anwendung gemacht – vom Wafer bis zum System, egal in welcher Umgebung.

## Spitzenforschung mit Tradition

Seit seiner Gründung 1993 aus Arbeitsgruppen des Forschungsschwerpunkts »Technologien der Mikroperipherik« an der TU Berlin, der Humboldt-Universität und des früheren Instituts für Mechanik an der Akademie der Wissenschaften in Chemnitz blickt das Fraunhofer IZM auf eine überaus erfolgreiche Entwicklung zurück. An den mittlerweile vier Standorten in Berlin, München und Oberpfaffenhofen forschen und entwickeln 251 feste Mitarbeiter sowie 150 Studenten, Praktikanten und Diplomanden.

## UNSERE STÄRKE: ZUSAMMENARBEIT MIT DER INDUSTRIE



Flip-Chip-Montage  
auf dem Bogen

### Sichere Integrationstechnologien für die ID-Dokumente der Zukunft

Sicherheitsdokumente wie Personalausweise werden in Zukunft gleichzeitig zur eindeutigen Identifikation in der realen wie auch in der digitalen Welt dienen. Dazu müssen die Dokumente auf den verschiedenen Ebenen mit neuen Sicherheitstechnologien derart ausgestattet werden, dass das elektronische ID-Dokument der Zukunft selbst die Identität des Nutzers verifiziert. Damit muss es über alle Informationen und Komponenten für eine umfassende Verifikation und Authentifikation verfügen und muss nicht nur sich selbst und die Funktionsfähigkeit der integrierten Komponenten, sondern auch die Identität des jeweiligen Dokumenteninhabers in parallelen Prozessen bestätigen. Da eine Übertragung biometrischer Daten somit nicht mehr nötig sein wird, werden die Identifikationsprozesse nicht nur schneller sondern vor allem auch sicherer.

Zur Realisierung dieser Vision müssen komplexere hochfunktionale Systeme in die Chipkarte integriert werden, die neben den Chips auch Displays (z. B. OLED, elnk), Schalter, passive Komponenten und biometrische Sensorik enthalten. Jede dieser elektronischen, mechanischen und biochemischen Komponenten stellt ein neuartiges Sicherheitsmerkmal dar. Trotz der erhöhten Komplexität und Funktionsdichte sollen die Geometrie einer konventionellen Chipkarte und die mechanische Flexibilität erhalten bleiben. Mit konventionellen Technologien und Materialien ist dies nicht mehr möglich. Ultradünne Komponenten und funktionale Lagen müssen geschaffen und optimiert werden. Um die notwendigen dreidimensionalen Integrationsprozesse und Materialkombinationen zu entwickeln und zu qualifizieren, kooperieren die Bundesdruckerei GmbH und das Fraunhofer IZM seit 2005 in verschiedenen Projekten.

Es wurden bereits zwei gemeinsame Förderprojekte abgeschlossen, in denen neue hochsichere Packaging-Technologien zur Integration ultradünner flexibler Siliziumchips in Chipkarten entwickelt und untersucht wurden. Dabei konnten erste funktionale Prototypen von eID-Dokumenten mit integrierten Kryptocontrollern realisiert und getestet werden.

Im Juli 2007 wurde im Rahmen des Applikationszentrums Smart System Integration das gemeinsame Security Lab am Fraunhofer IZM eröffnet, das von der Analyse und Weiterentwicklung dieser Technologien bis zur Produktion genutzt wird.

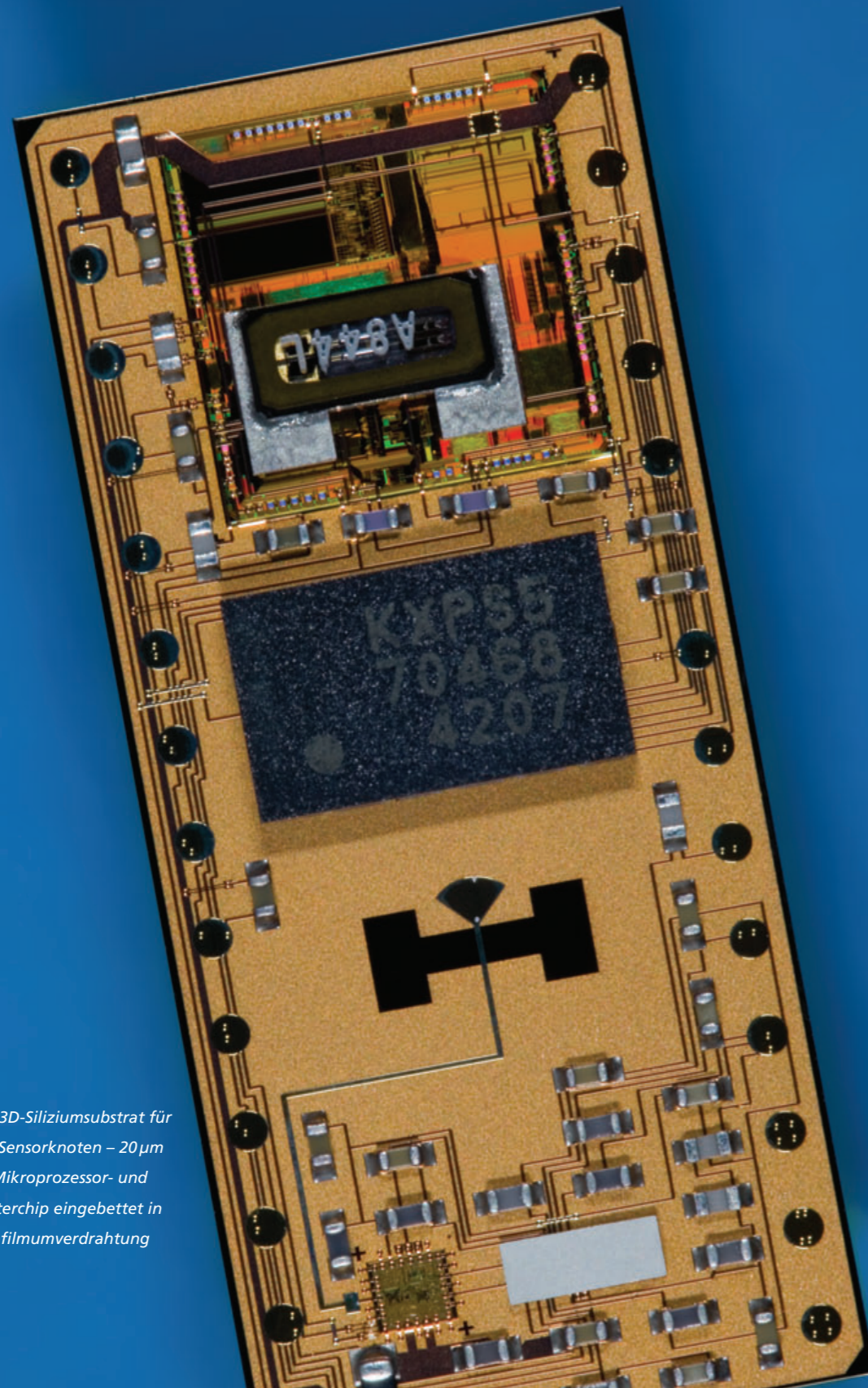
Visionäre Entwicklungen, die zur 3-dimensionalen Integration mikrosystemtechnischer Komponenten in die Chipkarten der nächsten und übernächsten Generationen führen sollen, werden gemeinsam mit weiteren Fraunhofer-Instituten im Rahmen des 2009 entstandenen Fraunhofer-Innovationsclusters »Sichere Identität Berlin-Brandenburg« durchgeführt. Hier geht es unter anderem um die Integration von flexiblen OLED-Displays und biometrischer Sensorik. Aber auch neuartige Sicherheitsmaterialien und -Strukturen für die Manipulationssicherheit der Schaltungen werden erarbeitet und untersucht. Damit wird erstmalig ein »System on Card« als multifunktionales, manipulationssicheres eID-Dokument entstehen.

### Ansprechpartner:

C. Kallmayer, [christine.kallmayer@izm.fraunhofer.de](mailto:christine.kallmayer@izm.fraunhofer.de)



# UNSERE KOMPETENZ: VON DER TECHNOLOGIEENTWICKLUNG ZUR ANWENDUNG



*e-CUBES 3D-Siliziumsubstrat für Wireless Sensorknoten – 20 µm dünner Mikroprozessor- und Transmitterchip eingebettet in die Dünnschichtverdrahtung*

## **e-CUBES – 3D Dünnschicht-Integration für drahtlos kommunizierende Sensorknoten**

Die Vision extrem miniaturisierter autarker Sensorknoten, die drahtlos miteinander kommunizieren, nimmt Schritt für Schritt Gestalt an. Mit einem hohen Einsatz von Integrationstechnologien ist es im europäischen Verbundprojekt e-CUBES (IST-026461) gelungen, gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft die Weiterentwicklung von Mikrosystemtechnologien zur kosteneffizienten Realisierung von hoch miniaturisierten autonomen Systemen voranzubringen und einen Demonstrator zur körpernahen Messung von Vitaldaten mit integrierter drahtloser Übertragung der Messsignale bei kleinsten Abmessungen aufzubauen.

Dazu wurde innerhalb des e-CUBES-Projekts die am Fraunhofer IZM erarbeitete Dünnschicht-Integrationstechnologie weiterentwickelt und der Sensorknoten zur Messung von Vitaldaten mit drahtloser Kommunikationseinheit, Antenne, Sensorik, Mikroprozessor und Energieversorgung aufgebaut. Kernstück der Arbeiten war die Integration extrem gedünnter Chips (Dicke ~ 20 µm) in die Dünnschicht-Verdrahtung eines Chip Size Packages auf Waferebene. Mit der entwickelten Technologie lassen sich Chipstapel in der gewünschten Zusammenstellung realisieren. Möglich ist etwa die Integration eines gedünnten Auswert-ASICs auf einen Sensorwafer oder die Integration mehrerer gedünnter Chips in die Verdrahtungslagen eines Interposers. Der Vorteil dieses Ansatzes zur Realisierung dreidimensionaler Chipstapel liegt in der Nutzung bereits etablierter Dünnschichttechnologien.

Durch die Entwicklung einer Technologie am Fraunhofer IZM in München, die das Dünnen aktiver Siliziumchips bis zu der erforderlichen Dicke von 20 µm mittels temporärer Waferhalterungen ermöglicht, konnte die Dünnschicht-Integration unter Federführung von Philips Applied Technologies in Eindhoven auch für die Realisierung des Health & Fitness Demonstrators innerhalb des e-CUBES-Projektes eingesetzt werden.

Dieser Demonstrator erlaubt über die unabhängige körpernahe Messung von Parametern wie Temperatur, Herzfrequenz oder Bewegungsverhalten ein gezieltes Patienten-Monitoring im Health & Fitness-Bereich.

Mit Hilfe der Integration von gedünntem Mikroprozessor- und Transmitterchips auf einem Siliziumsubstrat, welches außerdem die Antennenstruktur, integrierte passive Komponenten, Flip Chip-Komponenten bzw. SMD-Bauelemente enthält, konnten die Abmessungen des 3D-Substrats auf nur 8 x 18 mm<sup>2</sup> reduziert werden.

Die Hauptkomponenten des 3D-Substrats für den Health & Fitness Demonstrator sind:

- ein in die Mehrlagenumverdrahtung eingebetteter TI-MSP430 Mikroprozessor und 17 GHz Transmitterchip (beide Komponenten auf 20 µm gedünnt)
- ein 7 GHz Oszillatorchip als Flip Chip-Komponente
- ein SMD-Quarz positioniert auf dem eingebetteten Mikroprozessor
- in das Dünnschichtsubstrat integrierte passive Komponenten:
  - NiCr-Dünnschichtwiderstände
  - Cu-BCB-Cu-Kapazitäten
  - Balun-Spulen in einer Demonstratorversion für den Anschluss eines externen Oszillatorsignals
- Apertur-gekoppelte Microstrip-Antenne
- 0201 SMDs und ein 3D-Beschleunigungssensor als SMD

Als weitere Partner neben Philips Applied Technologies und Philips Research wirkten bei der Entwicklung des Health & Fitness Demonstrators innerhalb des e-CUBES-Projektes mit: IMEC in Leuven, Belgien, beim Entwurf des Substratdesigns und Universität Uppsala, Schweden, bei der Entwicklung des Antennendesigns.

### **Ansprechpartner:**

T. Fritzsich, [thomas.fritzsich@izm.fraunhofer.de](mailto:thomas.fritzsich@izm.fraunhofer.de)

# UNSER SERVICE: VON DER MATERIALCHARAKTERISIERUNG BIS ZUR ZUVERLÄSSIGKEITSANALYSE

Das Fraunhofer IZM entwickelt und forscht nicht nur für Sie. Über unsere Serviceleistungen stehen Ihnen auch unsere Maschinen und Anlagen zur Verfügung.

Mit unseren Laboren:

- Trainingszentrum für Verbindungstechnologien (ZVE)
- Flip Chip-Linie
- Die- und Drahtbondzentrum
- Rolle-zu-Rolle-Anwendungszentrum
- Mikromechatronikzentrum
- Prozessentwicklung und Qualifikation für die Verkapselung von Elektronik
- Qualifikations- und Prüfzentrum für elektronische Baugruppen (QPZ)
- Electronics Condition Monitoring-Labor
- Labor für thermomechanische Zuverlässigkeit

decken wir von der Materialcharakterisierung über die Unterstützung bei Fertigungsfragen bis hin zur Hilfe bei Qualitäts- und Zuverlässigkeitsproblemen die gesamte Wertschöpfungs- und damit häufig auch die gesamte Problemkette bei der Herstellung von Elektronik ab. Unsere herausragenden Labore im Bereich Zuverlässigkeit sind:

#### **Trainingszentrum für Verbindungstechnologien (ZVE)**

Das ZVE, von der ESA geprüft und vom IPC für das Zertifizierungsprogramm IPC A 610 akkreditiert, fungiert als Schulungs- und Dienstleistungszentrum für die Aufbau- und Verbindungstechnik. Das Schulungsprogramm beinhaltet u.a. Kurse und Lehrgänge zum Hand-, Reflow- und Wellenlöten, zur Reparatur von SMT-Baugruppen und zur lötfreien Verbindungstechnik. Weitere Dienstleistungen des ZVE sind die Prozessqualifizierung und die Beratung zur Qualitätssicherung bei der Fertigung von elektronischen Baugruppen.

#### **Ansprechpartner:**

Dr. R. Stömmmer, ralph.stoemmer@izm.fraunhofer.de

#### **Qualifikations- und Prüfzentrum für elektronische Baugruppen (QPZ)**

Im Mittelpunkt des QPZ steht die anwendungsspezifische Qualifikation von neuen Lotlegierungen und Packaging-Lösungen für elektronische Baugruppen auf den unterschiedlichsten Substraten. Alle Tests werden nach DIN EN, IEC, IPC und MIL-Standards durchgeführt. Baugruppeninspektionen und Fehleranalysen nach den Prüfungen beinhalten die Untersuchung von Gefügeveränderungen, des Wachstums der intermetallischen Phasen sowie der Rissausbreitung mittels Metallografie, REM/EDX-Analyse oder Focused Ion Beam (FIB)-Präparation.

#### **Online-Beratung bei Baugruppen-Ausfällen**

Als neuen Service bietet das QPZ eine optische Fehleranalyse an elektronischen Baugruppen auf der Grundlage der IPC-A-610 via Internet an. Unternehmen erhalten somit bei Auffälligkeiten im Baugruppenfertigungsprozess oder bei Frühausfällen im Feld schnell belastbare Aussagen zu Fehlern und deren möglichen Ursachen

#### **Ansprechpartner:**

Dr.-Ing. K. Halser, klaus.halser@izm.fraunhofer.de

#### **Electronics Condition Monitoring Labor (ECM)**

Das ECM setzt den Fokus auf Funktionstests elektronischer Systeme bei Umgebungsbeanspruchungen, die über reine thermo-mechanische Belastungen hinausgehen. Kombinierte Testverfahren, etwa Vibration in Kombination mit Feuchte und/oder Temperatur kommen zum Einsatz. Eine genaue Zustandsbestimmung der Baugruppe während der Tests findet durch die Messung degradationsabhängiger Parameter und über die Erfassung der Beanspruchungen statt. Die so erhaltenen Daten werden mit Ausfallmodellen verglichen und zum Aufbau von Zustandsindikatoren herangezogen.

#### **Ansprechpartner:**

O. Bochow-Ness, olaf.bochow-ness@izm.fraunhofer.de

Messplatz für  
thermische Interfaces



300mm Through Silicon  
Via (TSV) Prozessierung am  
Fraunhofer IZM ASSID

## LABOR-HIGHLIGHT 1

### ALL SILICON SYSTEM INTEGRATION CENTER DRESDEN – ASSID

Die 3D-Systemintegration ist eine der wichtigsten strategischen Schlüsseltechnologien für die Mikrosystemtechnik und Mikroelektronik. Mittels 3D-Wafer Level-Systemintegrationstechnologien können unterschiedlichste elektronische Komponenten wie z.B. Sensoren (MEMS), Prozessoren, Speicher und Transceiver zu einem extrem miniaturisierten 3D-Mikrosystem realisiert werden. Diese Art der Systemintegration hat neben den Miniaturisierungsaspekten auch enorme Vorteile bezüglich der Funktionalität und Leistungsfähigkeit elektronischer Systeme, was sich in kurzen Leitungslängen und damit verbundenen kurzen Signallaufzeiten, einer extrem schnellen Signalverarbeitung sowie reduzierten Verlustleistungen ausdrückt. Aus diesem Grund werden gegenwärtig die Entwicklungen und wissenschaftlichen Forschungen weltweit darauf ausgerichtet, entsprechende 3D-Technologien zu entwickeln und für industrielle Anwendungen verfügbar zu machen.

Hauptschwerpunkte liegen dabei auf der Realisierung von Siliziumdurchkontaktierungen für aktive und passive Device-Wafer mit sogenannten Through Silicon Vias (TSVs) auf der Basis einer Kupfermetallisierung. Die TSV-Technologie erlaubt in Kombination mit Multilayer-RDL und angepassten Kontaktierungstechnologien die kürzeste elektrische Verbindung zwischen vertikal angeordneten funktionalen Lagen. Ein besonderes Augenmerk ist darauf gerichtet, diese Technologie als integrierten Prozess in seiner Gesamtheit sowohl für 8" - als auch für 12"-Wafer zu qualifizieren.

Das »All Silicon System Integration Dresden« (ASSID) am Fraunhofer IZM verfügt über eine 200/300 mm Wafer-Prozesslinie, welche an den Anforderungen einer Wafer Level-3D-Systemintegration ausgerichtet ist. Dies beinhaltet die Kupfer-TSV-Technologie, eine High Density Multilayer-Dünnschichttechnologie (RDL), Wafer-Dünnungs- und Handling-Technologien (Temporary Bond-/Debonding), Wafer Level Bumping-Technologien (ECD), Wafer Level Assembly und Chip Stacking.

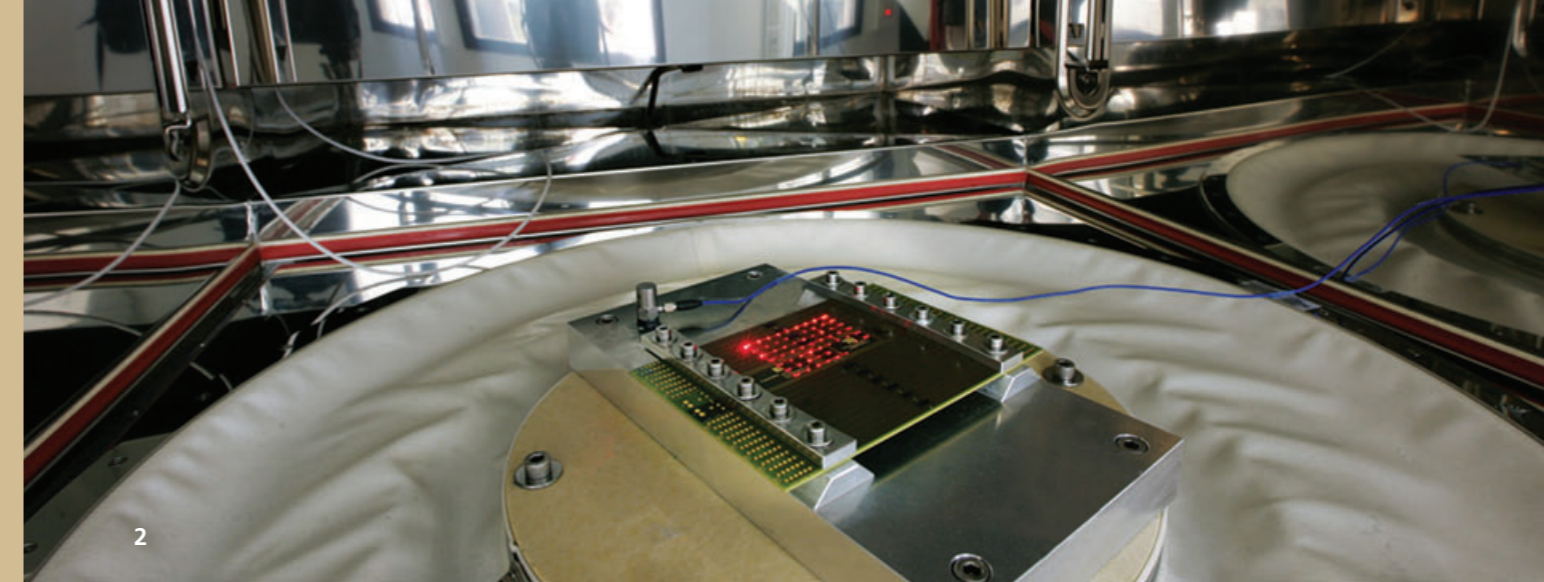
Diese 300mm-TSV-Prozesslinie gestattet, basierend auf definierten Einzeltechnologien, eine schnelle Umsetzung von 3D-Produktdemonstratoren oder Prototypen und steht Projektpartnern und Kunden in ihrer Gesamtheit oder auch in Einzelprozessen zur Verfügung.

#### Das Fraunhofer IZM-ASSID bietet darauf basierend folgenden Service an:

- Cu-TSV-Interposer-Technologie
- Cu-TSVs für aktive Device-Integration
- Wafer Level Multilayer Redistribution-Technologie (CSP)
- Wafer Thinning und Thin Wafer Processing
- Wafer Level Bumping, Assembly und Stacking

#### Ansprechpartner:

M. J. Wolf, [juergen.wolf@izm.fraunhofer.de](mailto:juergen.wolf@izm.fraunhofer.de)



## LABOR-HIGHLIGHT 2 PROZESSLINIE ZUR SUBSTRATFERTIGUNG

Im Technologiebereich »Substrateintegration« arbeitet das Fraunhofer IZM intensiv an der Entwicklung von Verfahren zur Einbettung elektronischer Bauelemente in Leiterplattenstrukturen, der Entwicklung von neuen Substrattechnologien, wie z. B. für dehnbare oder flexible Schaltungsträger und der Entwicklung von Prozessen zur Herstellung von Feinstleistersubstraten. Mit dem Ziel, unseren Kunden Entwicklungen auf durchgängigem, auf industrielle Maßstäbe ausgerichtetem Equipment anbieten zu können, wurde dazu eine neue Prozesslinie zur Umsetzung und Weiterentwicklung dieser Technologien aufgebaut.

Die neue Linie ermöglicht die Realisierung von Substraten einer maximalen Größe von 610 mm x 456 mm und umfasst folgende Einzelschritte:

- Hochpräzise Bauteilbestückung
- Vakuumlaminierpresse zur Herstellung von Mehrlagenaufbauten und Einbettung von Bauelementen
- UV Laserbohren und Strukturieren
- Mechanisches Bohren und Fräsen
- Photolithographische Strukturierung mittels Laser-Direktbelichtung unter Verwendung von Trockenfilm-Photolacken
- Horizontale Sprühentwicklung von Feinstleiterstrukturen
- Horizontales Sprühätzen und Photolackentfernung
- Automatische und manuelle Galvanikanlagen

Die direkte Übertragung in die industrielle Fertigung ist infolge der Durchgängigkeit der Substratlinie und der Produktionstauglichkeit der Maschinen ohne großen Aufwand möglich. Trotz dieser Produktionsnähe ermöglichen die gewählten Anlagen und Maschinen aufgrund ihrer Flexibilität das Maß an gezielten Eingriffen und Variationen, welches zur Entwicklung neuer Technologien und der dazu notwendigen Prozesse erforderlich ist. Um ein großes Spektrum an Prozessmaterialien bereitstellen zu können, ist zudem eine breite Kooperation mit entsprechenden Anbietern zur Weiterentwicklung und Qualifizierung solcher Materialien von großer Bedeutung.

Die prozesstechnischen Anlagen werden darüber hinaus durch verschiedene neue Möglichkeiten zur Analyse und Qualitätssicherung der Prozesse ergänzt. Neben optischer Mikroskopie und digitaler Bilddokumentation stehen zum elektrischen Test ein »Flying Probe«-Tester mit sechs Nadeln sowie zur präzisen Struktur- und Bauteilpositionsvermessung ein optisches Messsystem zur Verfügung.

### **Ansprechpartner:**

A. Ostmann, [andreas.ostmann@izm.fraunhofer.de](mailto:andreas.ostmann@izm.fraunhofer.de)  
L. Böttcher, [lars.boettcher@izm.fraunhofer.de](mailto:lars.boettcher@izm.fraunhofer.de)

1 Prozesslinie zur Substratfertigung

2 Versuchsstand des Fraunhofer IZM für kombinierte Temperaturwechsel-, Feuchte- und Vibrationsprüfungen

## LABOR-HIGHLIGHT 3 ELECTRONICS CONDITION MONITORING

Eine hohe Verfügbarkeit und niedrige Ausfallraten sind zunehmend wichtige Anforderungen an langlebige elektronische Produkte und gleichzeitig auch ein Maßstab für Green IT. Mit zunehmender Miniaturisierung und Funktionsintegration werden elektronische Systeme komplexer, und thermische und mechanische Belastungen steigen durch die zunehmende Nähe der Elektronik zu mechatronischen Systemen.

Electronics Condition Monitoring-Methoden können drei Gruppen zugeordnet werden:

- Messung des Zustands über die Änderung der Parameter
- Berechnung des Zustands mit Hilfe von physikalischen Ausfallmodellen
- Zustandsindikatoren

### **Messung der Querschnittsänderung von elektrischen Verbindungen**

Zur frühzeitigen Erkennung von Rissen bzw. Verengungen in elektrischen Verbindungen werden verbesserte Online-Messverfahren entwickelt. Ziel ist es, bereits geringe Veränderungen des Kontaktquerschnitts bestimmen zu können.

Durch die Ermittlung des so genannten S-Parameter-Korrelationsfaktors (GHz-Bereich) oder durch Passive Intermodulation Distortion Measurement (PIM, MHz-Bereich) können bereits Änderungen des Kontaktquerschnitts um 20 Prozent detektiert werden.

Anwendungen für die Online-Risserkennung sind die Ausfallfrüherkennung im Feld, die Ausfallerkennung bei Lebensdauertests und die Identifizierung von Fertigungsfehlern in der Qualitätssicherung.

### **Simulation und Test des Ausfallverhaltens unter Feldbeanspruchungen**

Im Feld treten Beanspruchungen wie Feuchte, Temperatur (-wechsel) und Vibration gleichzeitig auf. Basierend auf dem Verständnis des Materialverhaltens bei kombinierter Beanspruchung werden Ausfallmodelle zur Beschreibung des gegenseitigen Einflusses von Temperaturwechsel und Vibration entwickelt.

### **Entwicklung von Monitorstrukturen**

Wesentlicher Bestandteil der Zustandsindikatoren sind Monitorstrukturen, die technologisch gezielt so verändert wurden, dass sie auf eine oder mehrere Beanspruchungen im Vergleich zu dem zu überwachenden System empfindlicher reagieren und somit früher ausfallen (Kanarienvogel-Prinzip). Zusammen mit einer geeigneten Ausfallsensorik und Auswertung bilden sie dann den Zustandsindikator.

Für die Absicherung der Zuverlässigkeit und Sicherheit elektronischer Systeme ist deren Zustandsüberwachung unverzichtbar. Mit Ausrichtung auf die zustandsbasierte Wartung ist das Fraunhofer IZM daher am Innovationscluster »Maintenance, Repair and Overhaul in Energie und Verkehr« ([www.innovationscluster-mro.de](http://www.innovationscluster-mro.de)) beteiligt.

### **Ansprechpartner:**

O. Bochow-Ness, [olaf.bochow-ness@izm.fraunhofer.de](mailto:olaf.bochow-ness@izm.fraunhofer.de)

# ZUSAMMENARBEIT MIT UNIVERSITÄTEN

Zur effektiven Umsetzung seiner Forschungsziele hat das Fraunhofer IZM strategische Netzwerke mit Universitäten im In- und Ausland geknüpft. Die folgenden Seiten geben einen Überblick der wichtigsten Kooperationen.

## Kooperation mit der TU Berlin

Mit der Technischen Universität Berlin besteht seit der Gründung des Fraunhofer IZM eine enge und fruchtbare Zusammenarbeit. Keimzelle dieser erfolgreichen Kooperation ist der Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroperipherik der TU Berlin. Dieser entstand 1987 auf Initiative der TU Berlin, unterstützt vom damaligen Bundesministerium für Forschung und Technologie sowie dem Berliner Senat. Unter der Leitung von Professor Herbert Reichl entstand so eine der weltweit ersten wissenschaftlichen Einrichtungen auf dem Gebiet der Aufbau- und Verbindungstechnik.

Seit der Gründung des Fraunhofer IZM im Jahr 1993 steht Professor Herbert Reichl beiden Forschungseinrichtungen vor und sorgt so für einen regen wissenschaftlichen Austausch. Beide Partner verfolgen mit der Smart System Integration das gleiche Ziel: Komponenten, die in unterschiedlichsten Technologien gefertigt sein können, auf oder in einem Trägersubstrat zu integrieren. Höhere Flexibilität, größere Ausbeuten und niedrigere Kosten bei hohen Integrationsdichten sind die Vorteile.

Mit der Berufung von Professor Karlheinz Bock vom Institutsteil München auf den Lehrstuhl für Polytronische Mikrosysteme im Jahr 2008 konnte die Zusammenarbeit mit der TU Berlin inhaltlich wie personell noch weiter vertieft werden. Im Vordergrund der Forschungsarbeiten auf diesem jungen Forschungsfeld stehen die Herstellung und Charakterisierung technologischer Oberflächen und Grenzschichten für polymere Bauelemente, insbesondere Kontaktverfahren zwischen Metallen, organischen Leitern und Halbleitern.

Bei der Verfolgung der gemeinsamen Ziele übernimmt der Forschungsschwerpunkt in Kooperation mit dem Fraunhofer IZM vermehrt den Part der Grundlagenforschung zur Aufbau- und Verbindungstechnik von Sensoren, Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik.



Schwerpunkte der wissenschaftlichen Arbeit sind:

- Materialien und Prozesse für Integrationstechniken auf Wafer-, Chip- und Substratebene
- Polytronische Mikrosysteme
- Thermo-mechanische Zuverlässigkeits- und Materialcharakterisierung
- Nachhaltige Technologien
- Systemdesign und –modellierung

In der Lehre unterstützt das Fraunhofer IZM die Technische Universität Berlin durch das Angebot von zusätzlichen Lehrveranstaltungen und der Möglichkeit für Studenten, an nationalen und internationalen Forschungsprojekten mitzuarbeiten.

## H-C3: Human Centric Communication Center

Im Februar 2009 öffnete das »Human Centric Communication Center«, kurz »H-C3«. Ziel dieser Initiative der Technischen Universität Berlin, an der über 50 Fachgebiete der Universität sowie 11 außeruniversitäre Forschungsinstitute beteiligt sind, ist es, durch geeignete Hard- und Softwaretechniken Menschen einen intuitiven Zugang und Umgang mit der wachsenden Menge an Informationen zu ermöglichen. Innerhalb von fünf Forschungsgebieten, die neben technologischen auch ökonomische und soziologische Aspekte der menschlichen Kommunikation untersuchen, befassen sich fünf Promovenden am Fraunhofer IZM und am Forschungsschwerpunkt mit Design- und Integrationstechnologien zum Aufbau der benötigten Hardware sowie dem Energiemanagement in Netzwerken autarker Sensoren.

## Neues Technologiezentrum mit der Universität der Bundeswehr

Forscher des Fraunhofer IZM in München betreiben seit 2009 zusammen mit der Universität der Bundeswehr (UniBwM) ein Zentrum für Multifunktionale On-Top Technologien (MOTT). Unter der Leitung von Prof. Dr. Ignaz Eisele werden anspruchsvolle Siliziumtechnologien und die kostenbewusste System-Heterointegration zusammengeführt. Der Vorteil: Ein modularer Systemansatz erlaubt die Entwicklung eines Systems auf der Basis von Standard-Siliziumwafern, auf denen dann nicht CMOS-kompatible Funktionalitäten wie etwa Höchstfrequenzbauelemente, optische Bauelemente oder Sensoren und Aktuatoren modular aufgebaut werden können.

Durch die Erfahrungen der Universität der Bundeswehr mit Standard-CMOS-Technologien und das Packaging-Know-how für die Systemintegration am Fraunhofer IZM werden Synergieeffekte erzeugt, die neue, technologisch innovative Produkte ermöglichen.

1 Universitätsbibliothek  
der TU Berlin



# INTERNATIONALE FORSCHUNGSKOOPERATIONEN

## Heterogeneous Technology Alliance (HTA)

Zusammen mit anderen Fraunhofer-Instituten und führenden europäischen Forschungseinrichtungen der Mikroelektronik (CEA-Leti aus Frankreich, CSEM aus der Schweiz und VTT aus Finnland) engagiert sich das Fraunhofer IZM in der Heterogeneous Technology Alliance (HTA). Die neue Allianz erlaubt es den Partnern, gemeinsam Themen weiterzuentwickeln, auf europäische Ausschreibungen zu reagieren und so den Vorsprung vor internationalen Wettbewerbern auszubauen. Unter dem Namen »4-Labs« bündelt die Allianz ihre Kompetenzen für gemeinsame Forschungsvorhaben für die Industrie, um so den Kunden Lösungen für innovative Produkte aus einer Hand anbieten zu können. 2009 wurden erste Kooperationen mit der Industrie initiiert.

Weitere Informationen: [www.hta-online.eu](http://www.hta-online.eu)

## Deutsch-Französische Forschungskooperation zur Entwicklung eines miniaturisierten, wiederverwendbaren Analysesystems

Ein Beispiel für die vielen internationalen Kooperationen ist das Projekt 3µP (3µP – Multi-Reaction, Multi-Sample Microfluidic Platform). Gemeinsam mit Kollegen vom Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI in Leipzig sowie dem französischen Institut Carnot FEMTO Innovation wollen Wissenschaftler des Fraunhofer IZM eine kostengünstige Mikroanalytik für das Gesundheitswesen entwickeln.

Die Lab on a Chip-Technologie soll künftig eine schnelle und kostengünstige Analyse von Blutproben direkt in der Arztpraxis – ohne den bisher unvermeidlichen Umweg über ein Großlabor – ermöglichen. Das Verfahren beruht auf einer Kombination konventioneller Mikrofluidik mit dem sog. Electrowetting-Verfahren, bei dem ein Tropfen durch die Manipulation der Oberflächenspannung exakt bewegt und platziert werden kann. Das 3µP-Projekt ist nur eines von insgesamt 11 deutsch-französischen Kooperationsvorhaben. Ihr Ziel ist es, in den nächsten drei Jahren Technologien zu entwickeln, die sich in industrielle Produkte umsetzen lassen.

## 3DASSM – eine Kollaboration zwischen Industrie und Wissenschaft

Gemeinsam mit dem Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST, Daejeon, Südkorea) und dem Packaging Research Center (PRC) am Georgia Institute of Technology

(Atlanta, GA) hat das Fraunhofer IZM das globale R&D Industriekonsortium »3D All Silicon System Module« (3D-ASSM) ins Leben gerufen. Ziel ist die Entwicklung und Erforschung von Basistechnologien für siliziumbasierte 3D-Systeme. Besondere Schwerpunkte bilden hierbei:

- Through Silicon Via-Technologien unter anwendungsspezifischen Gesichtspunkten für hochzuverlässige und optimierte Siliziumsysteme
- Siliziumbasierte High Density-Verdrahtungssysteme mit integrierten passiven Komponenten
- Stapelung und Montage von »thinned high pin count«-Circuits auf Waferenebene für maximale Integrationsdichten
- Zuverlässigkeitsoptimierte Verbindungssysteme unter Berücksichtigung materialspezifischer Parameter und Anwendungsanforderungen
- Entwurf und Design von 3D-Systemen und Optimierung von elektrischen Kenngrößen

## Kooperation mit der Universität Utah

Die Kooperation mit der Universität Utah wurde im Jahr 2005 initiiert. Basis waren zwei Projekte zum Thema »neurale Prothese«, die mit den Kompetenzen des Fraunhofer IZM auf eine drahtlose Kommunikationsweise umgestellt werden sollten.

Zur Unterstützung der Arbeiten in Utah wurden in der Zeit von 2006-2008 zwei IZM-Forscher im Austausch nach Salt Lake City entsandt. Seit 2008 wurde die Kooperation weiter vertieft, das Fraunhofer IZM sponsert eine Forscherstelle an der Universität Utah zur Untersuchung von bioverträglichen Verkapselungstechniken und entwickelt hier zusammen mit der Universität neue universell einsetzbare Schnittstellenmodule für Implantate. Neben den seit 2005 laufenden Forschungsprojekten mit Förderung durch die National Institutes of Health (NIH) sind auch Industriekooperationen intensiviert worden. So finden die Integrationstechniken des Fraunhofer IZM im Bereich der intelligenten Katheter wie auch in der Realisierung

von Elektronikmodulen für die Verhaltensforschung ihre Anwendung. Über den Schwerpunkt der Medizintechnik hinaus sind auch Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet miniaturisierter Kameraoptiken und optoelektronischer Komponenten initiiert worden.

## Equipment Materials Consortium – 3D

Das Fraunhofer IZM ist Technologiepartner im EMC-3D-Konsortium ([www.emc3d.org](http://www.emc3d.org)). Das Konsortium besteht aus zehn Firmen und fünf wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen, die sich zum Ziel gesetzt haben, für die 3D-Integration eine Technologie-, Geräte- und Materialplattform für industrielle Anwender zu entwickeln, zu qualifizieren und bereitzustellen. Im EMC-3D-Konsortium ist das Fraunhofer IZM als wissenschaftliches Institut für die Prozessintegration verantwortlich.

### Eine Auswahl weiterer universitärer Forschungspartner des Fraunhofer IZM

University of Tokyo

Humboldt Universität zu Berlin

Technische Universität Dresden

Technische Universität Chemnitz

Technische Universität Bergakademie Freiberg

Universität Bonn

Hochschule Mittweida (FH)

West-sächsische Hochschule Zwickau

BTU Cottbus

Hochschule Lausitz

Universität Rostock



# KOOPERATION MIT DEM FRAUNHOFER IZM

Ihre Verbindung zu unseren Technologien	Seite 28
Fraunhofer IZM Marketing	Seite 29
Applikationszentrum Smart System Integration	Seite 30
Veranstaltungen 2010	Seite 32
Forschungsgebiete und -inhalte	Seite 34



## IHRE VERBINDUNG ZU UNSEREN TECHNOLOGIEN

Ganz gleich, ob Sie bereits im Bereich des Electronic Packaging zu Hause sind oder neu in die Technologie investieren wollen – wir unterstützen Sie bei Ihren Fragestellungen und begleiten Sie auf dem Weg. Sprechen Sie uns an!

### **Fraunhofer IZM Marketing – die Technologie kennen und in die Zukunft investieren**

Sie kennen sich im Electronic Packaging aus und wollen wissen, mit welchen Technologien der Erfolg Ihres Unternehmens auch in Zukunft gesichert werden kann? Ihnen ist klar, welche Technologien Sie einsetzen wollen und Sie möchten von aktuellen Entwicklungen profitieren? Sie benötigen Unterstützung in der Entwicklung, Fehlersuche oder Optimierung Ihrer Produkte? In all diesen Fällen ist das Marketing des Fraunhofer IZM der richtige Ansprechpartner für Ihr Unternehmen.

Wir leiten Sie an die entsprechende Fachabteilung weiter, nennen Ihnen Ansprechpartner oder organisieren Fachgespräche und Workshops mit unseren Experten. Dabei können Sie insbesondere von unserem umfangreichen Dienstleistungsangebot in der Aufbau- und Verbindungstechnik und der Vielzahl der am Fraunhofer IZM ständig weiterentwickelten Technologien profitieren.

### **Applikationszentrum Smart System Integration – Vorsprung sichern durch Einsatz neuer Technologien**

Sie wollen Ihre Produkte aufwerten, haben aber bislang nicht in elektronische Technologien investiert oder nutzen diese bislang nur im geringen Maße? Trotzdem wollen Sie von den Vorteilen moderner Aufbau- und Verbindungstechniken und der Mikrosystemtechnik profitieren und an unserem Know-how sowie dem Angebot des Technologietransfers partizipieren? Dann führt Ihr Weg in das Applikationszentrum Smart System Integration, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt wird.

Dabei können Firmen nicht nur unsere Entwicklungsunterstützung nutzen. Mit Beratungen zur Technologieauswahl, Erstellung von Machbarkeitsstudien und einem konsequenten Technologietransfer bis hin zur Vermittlung von Fertigungskapazitäten wird die gesamte Breite an Dienstleistungen angeboten, die notwendig ist, um eine Idee zu einem Produkterfolg werden zu lassen. Großer Nachfrage erfreuen sich auch unsere Technologieworkshops und unser Angebot zur Vermittlung von Laborkapazitäten.

## FRAUNHOFER IZM MARKETING

Sie benötigen Unterstützung bei der Entwicklung Ihrer Produkte und Prozesse und suchen den passenden Ansprechpartner? Sie haben Interesse an einem firmenspezifischen Technologieworkshop oder wollen von unserem Technologietransfer profitieren?

Unser Marketing-Team ist für Sie der erste Ansprechpartner. Wir stehen jederzeit zur Verfügung, leiten Sie an die entsprechenden Fachabteilungen weiter und beraten Sie gerne, wenn Sie unsere Dienstleistungen nutzen wollen. Unser Dienstleistungsangebot umfasst:

### **Firmenspezifische Technologieworkshops**

Sie können unsere Angebote nutzen, um Ihre Technologien auf den Prüfstand zu stellen oder zu erfahren, welche Technologien auch in Zukunft für Ihr Unternehmen relevant sein könnten.

Wir bieten Ihnen firmenspezifische Workshops an. Unsere Fachleute stellen Ihnen die gesamte Bandbreite der aktuellen technologischen Entwicklungen im Bereich des Electronic Packaging vor. Gemeinsam mit Ihnen ermitteln wir die Technologien, die für Ihr Unternehmen und ihre Produktpalette die richtigen sind.

### **Workshops zu speziellen Technologien**

Sie möchten Ihre Produktpalette erweitern oder verbessern und benötigen Unterstützung bei der Auswahl der geeigneten Technologie? Dazu können Ihre Fachleute mit unseren Experten diskutieren, um sich mit den Technologien vertraut zu machen und Vor- und Nachteile vor dem Hintergrund Ihrer Anforderungen kennen zu lernen.

### **Beratung bei technologiespezifischen Fragen**

Sie haben aktuelle technologische Fragestellungen und benötigen Unterstützung bei der Lösung in Ihrem Unternehmen. Sprechen Sie uns an, wir bringen Sie mit unseren Experten zusammen.

*Kontakt:*  
*S. Brand*  
*simone.brand@*  
*izm-m.fraunhofer.de*  
*Telefon +49 89 54759*  
*-138*

*H. Pötter*  
*harald.potter@*  
*izm.fraunhofer.de*  
*Telefon +49 30 46403*  
*-136*



# APPLIKATIONSZENTRUM SMART SYSTEM INTEGRATION

Entwicklungskapazitäten für Produkte der Mikrosystemtechnik zur Verfügung zu stellen und Produktideen schneller in konkrete Anwendungen zu bringen, das sind die wesentlichen Ziele des Applikationszentrums am Fraunhofer IZM.

Damit wollen wir sowohl etablierte Unternehmen in der MST ansprechen als auch Firmen, die neu in die Mikrosystemtechnik investieren wollen. Das Applikationszentrum entstand aus einer Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und wird von diesem gefördert.

## Realisierung Ihrer Produktideen

Wenn Sie mit Ihrer Produktidee zu uns kommen, stellen wir Ihnen einen Mitarbeiter als Innovations-Scout an die Seite. Je nach Reifegrad Ihrer Ideen vermitteln wir den Kontakt zu den Fachabteilungen des Fraunhofer IZM, beraten Sie bei der Produktkonzeption oder organisieren bei Bedarf unternehmensspezifische Produktkonzeptions-Workshops.

## Unterstützung bei der Produktentwicklung

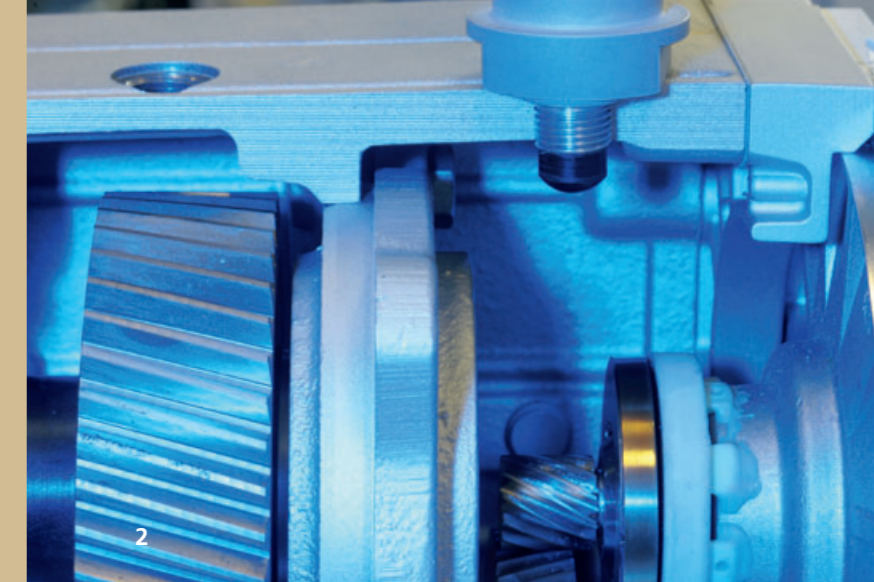
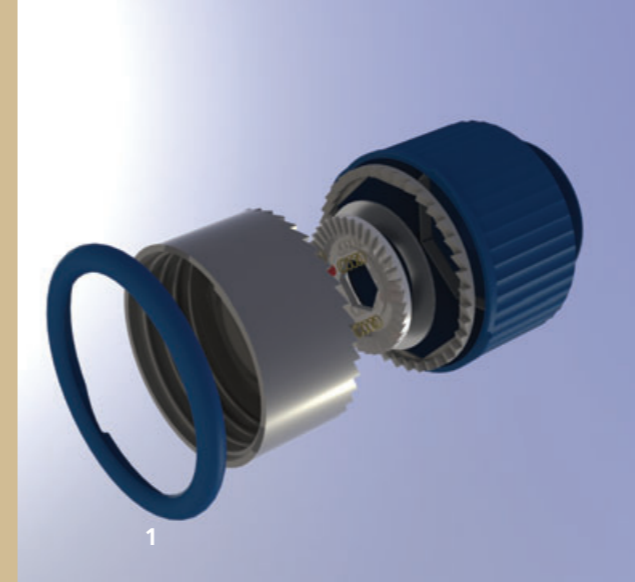
Wenn Sie Machbarkeit, Qualität, Entwicklungsdauer und Kosten zur Realisierung Ihrer Idee noch nicht beurteilen können, stehen wir Ihnen mit unserem Entwicklungs- und Dienstleistungsangebot, das Sie stufenweise in Anspruch nehmen können, zur Seite:

- Wir fertigen zunächst eine Kurzstudie an, um die generelle Machbarkeit der Idee zu beurteilen und liefern erste Konzeptvorschläge für die Umsetzung.

Auf Wunsch werden auch Patentrecherchen, Marktbeurteilungen zu vergleichbaren Produkten und grobe Kostenermittlungen für die Herstellung angefertigt. Als Ergebnis erhalten Sie ein auf Ihre Anforderungen abgestimmtes Lastenheft.

- Im zweiten Schritt werden die realisierbaren Lösungsvorschläge aufgegriffen und durch Berechnungen, Simulationen und Tests mit konkreten Zahlen hinterlegt. Im Ergebnis erhalten Sie ein Pflichtenheft.
- Als nächsten Schritt bieten wir die Entwicklung eines Funktions- oder Technologiemusters zur erstmaligen Umsetzung Ihrer Idee an.
- Auf Wunsch erfolgt auch die Weiterentwicklung zu einem Prototypen (Hardware, Software, Technologie). Damit wird das Funktionsmuster in ein herstellungsnahes Produkt überführt. Dies erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen, das später die Fertigung des Produktes übernimmt.
- Gerne unterstützen wir Sie bei der Suche nach Fertigungskapazitäten, sofern dies gewünscht ist.

Sprechen Sie uns an. Wir unterstützen Sie gerne bei der Realisierung Ihres Produktes, wie schon die Unternehmen der nachfolgend vorgestellten Produkte.



## Sicher an frischer Luft: Der »Kidfinder«

Im Applikationszentrums Smart System Integration werden Anwendungsideen Realität. In Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Schmidt aus Potsdam entstand der Kidfinder, ein Gerät zum Lokalisieren von Personen. In ihm wird die großflächige mobile Erreichbarkeit durch das GSM-Netz mit der Positionsgenauigkeit der GPS-Ortung kombiniert. Besorgte Eltern haben so die Möglichkeit, den Aufenthaltsort ihres Kindes per SMS zu erfragen. Zur Darstellung der Positionsantwort entwickelte das Ingenieurbüro Schmidt eine Software, die sowohl für den PC als auch für einen Handheld genutzt werden kann, und die Position in einer Karte einblendet.

Aber der Kidfinder kann noch mehr. Neben der aktiven Abfrage durch die Eltern kann im Kidfinder eine erlaubte Zone angelernt werden. Wird diese verlassen, werden die Eltern automatisch alarmiert. Das ist gerade für berufstätige Eltern interessant: Sie werden erst dann informiert, wenn Ihr Kind den üblichen Schulweg verlässt. Das Mitführen des Moduls wird für das Kind dadurch motiviert, dass das Modul an eine Spielkonsole angebunden werden kann. Das Modul arbeitet bis zu zwei Tage autark und kann über die Konsole aufgeladen werden. In einer weiteren Ausbaustufe kann die Ortungsfunktionalität von der Spielkonsole mitgenutzt werden und somit eine Reihe neuer Spielideen umgesetzt werden.

## Sicherheit im Laborbereich

Zur Vermeidung von Fehlöffnungen durch Unbefugte wurde gemeinsam mit der Firma »Angewandte System Technik« mit Sitz im bayerischen Wolnzach und den Kollegen vom Mikro-Mechatronik-Zentrum in Oberpfaffen für Flaschen- und Kanistergebinde ein mechatronisch wirkendes Verschlussystem aufgebaut. Das entwickelte Verschlussystem besteht aus einer intelligenten Verschlusskappe, die nur mit Hilfe eines speziellen Öffnersystems geöffnet werden kann, sowie einer Chipkarte zur Identifizierung des Nutzers.

Gemeinsam mit den Partnern wurden zunächst Machbarkeit, Anforderungen an Qualität und Funktion sowie die Zielkosten erarbeitet und beurteilt. Dabei wurden die speziellen Anforderungen an Verschlüsse, wie Austauschbarkeit, Preisdruck oder Dichtigkeit berücksichtigt. Untersucht wurden weiter Forderungen nach einer genauen Dokumentation der Öffnungsvorgänge bzw. der Zuweisung von Berechtigungen an spezielle Personengruppen. In der sich daran anschließenden Entwicklungsphase entstand ein Kundenmuster, welches neben der Identifizierung des Nutzers und Gebindes durch RFID-Technologie auch die Protokollierung aller nötigen Daten zur Zugriffsüberwachung erlaubt. Um eine preiswerte Herstellung zu gewährleisten, kommt die Mechanik in der Verschlusskappe ohne einen Energiespeicher aus. Die zum Betrieb notwendige Energie wird induktiv durch das Öffnersystem übertragen. Im Ergebnis bietet der elektronische Schraubverschluss einen deutlichen Zugewinn an Prozesssicherheit durch sinnvolle Integration von Elektronik in bestehende Prozessketten.

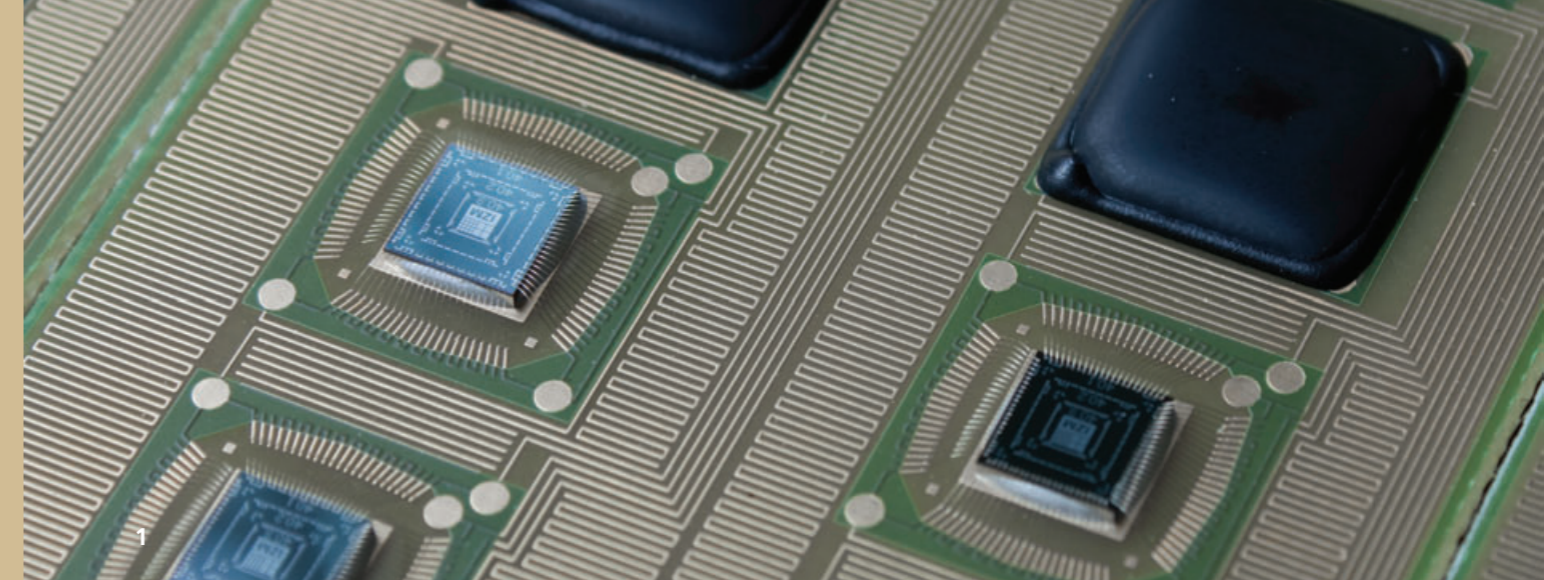
## Kontakt:

H. Pötter  
harald.poetter@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403  
-742

Dr. S. Guttowski  
stephan.guttowski@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403  
-632

1 Intelligenter  
Flaschenverschluss

2 Integration energie-  
autarker Sensoren in einen  
Simmerring



## VERANSTALTUNGEN 2010

### Regelmäßige Workshops am Applikationszentrum Smart System Integration

Auch im Jahr 2010 steht Ihnen wieder unser umfangreiches Workshopprogramm zur Verfügung. Aus erster Hand erhalten Sie das Know-how unserer Experten.

Dabei können Sie zwischen drei Workshopkategorien wählen. Workshops der Kategorie Internationale Technologietrends zeigen Entwicklungen im Bereich der Technologie auf und liefern Antworten auf die Frage, welche Technologie die Entwicklung von morgen bestimmen wird. Workshops der Kategorie Trends für den Mittelstand behandeln ausgereifte Technologien, die bereits heute nutzbar sind. Hands-on-Workshops sprechen den Praktiker an und verbinden Wissenstransfer mit der praktischen Arbeit an der Maschine oder dem Gerät.

Je nach Nachfrage führen wir Workshops in den folgenden Bereichen durch.

Wenn Sie Interesse haben sprechen Sie uns an. Wir nennen Ihnen die Termine für die nächsten Workshops oder organisieren für Ihr Unternehmen individuelle Lehrgänge.

Weitere Informationen finden Sie auch unter [www.apz.izm.fraunhofer.de/bau/index.php?events](http://www.apz.izm.fraunhofer.de/bau/index.php?events)

#### Ansprechpartner:

H. Pötter, [harald.poetter@izm.fraunhofer.de](mailto:harald.poetter@izm.fraunhofer.de)

### [1] Workshop Chemisch Silber

Der Workshop gibt im ersten Teil einen Überblick über aktuelle Trends in der Baugruppenintegration. Chemisch Silber als Finish mit den stärksten Zuwachsraten in den vergangenen Jahren wird vorgestellt. Der zweite Teil vermittelt einen umfassenden Einblick in die relevanten Technologien, angefangen vom Löten und Kleben auf chemisch Silber, über das Au-TS-Drahtbonden bis hin zur Verkapselung.

#### Inhalt:

- Trends und Anforderungen in der Leiterplattentechnik
- Technologische Grundlagen praktischer Tests
- Zuverlässigkeit und Praxisbeispiele

Diese Veranstaltung wendet sich an Praktiker, Manager und Entwickler.

### [2] 3D-Integration für den Mittelstand

Es werden aktuelle Entwicklungen und Trends aus dem Bereich 3D-Integrationstechnologien vorgestellt, wobei speziell auf die Bedürfnisse mittelständischer Unternehmen eingegangen wird.

#### Inhalt:

- 3D-Entwurf, Silizium-3D-Integration
- Stapeln von Chips und Leiterplatten-3D-Integration
- Package-Stapel in Modulbauweise
- Zuverlässigkeit von 3D-Aufbauten

Diese Veranstaltung wendet sich an internationale AVT-Experten aller Branchen.

### [3] Konzepte und Technologien für die Leistungselektronik

Vom Design über die Aufbau- und Verbindungstechnik bis zu Zuverlässigkeitsbetrachtungen wird in diesem Workshop ein umfassendes Verständnis leistungselektronischer Themen vermittelt.

#### Inhalt:

- Entwurf und elektromagnetische Verträglichkeit
- Aufbau- und Verbindungstechnik
- Verkapselung
- Analytik
- Thermisches Management und Zuverlässigkeit

Diese Veranstaltung wendet sich an Entwickler und Produzenten von Leistungselektronik in allen Branchen.

### [4] System in Package

In diesem Workshop sollen internationale Entwicklungstrends im Bereich der Systemintegration diskutiert werden.

#### Inhalt:

- SIP-Entwurf, Integration auf Wafer- und Substratebene
- Integration auf Substratebene
- Schaltungsträger, Montage und Packaging
- Zuverlässigkeit

Diese Veranstaltung wendet sich an internationale AVT-Experten aller Branchen.

### [5] Flip Chip-Montage – Eine Großserientechnologie erreicht den Mittelstand

Im Workshop werden die unterschiedlichen Verfahren zur Montage von Flip Chips vorgestellt und erläutert. Im Praxisteil können in Kleingruppen praktische Erfahrungen an industriellen Anlagen gesammelt werden.

#### Inhalt:

- Technologische Grundlagen
- Anlagen und Prozesskette
- Manuelle Montage durch Teilnehmer mit Fine-Placer, Reflowlöt, Underfilling
- Qualitätssicherung und Zuverlässigkeitsprüfung

Diese Veranstaltung wendet sich an technologieorientierte kleine und mittelständische Unternehmen.

### [6] Lehrgänge zum Die- und Drahtbonden

Diskutiert werden Qualitäts- und Zuverlässigkeitsaspekte von Bondverbindungen, zudem werden praktische Bondversuche auf Testsubstraten durchgeführt.

#### Inhalt:

- Die-, US-Wedge/ Wedge- und TS-Ball/Wedge Bonden
- Dickdraht- und Bändchenbonden
- Visuelle Qualitätsbeurteilung
- Pull- und Schertestanalysen

Diese Veranstaltung wendet sich an Praktiker, Manager, Entwickler und Konstrukteure.

<sup>1</sup> Kostengünstige und zuverlässige Oberflächen: Chemisch Silber

# FORSCHUNGSGEBIETE UND -INHALTE

## INTEGRATION AUF SUBSTRATEBENE

### Systemintegration & Verbindungstechnologien

- Neue Lote, Kleber, Drähte und Bumps
- Stromlose Umverdrahtung, Montage und Verkapselung auf Waferebene
- Bumpingtechniken (stromloses Ni/(Pd)/Au, Schablonendruck, mechanisches Stud- oder Ball-Bumping)
- Abscheidung und Spezifizierung funktionaler Schichten (galvanisch, stromlos)
- SMD-, CSP- und BGA-Montage
- Flip Chip-Techniken (Löten, Kleben, Thermokompression- und Thermosonic-Bonden)
- Die-Attach (Löten und Kleben)
- Draht- und Bändchen-Bonden (US, TS, Dickdraht und Bändchen)
- Flip Chip-Underfilling und COB-Glob-Topping
- Transfer-Molding von Flip-Chips, COB und Komponenten auf Leadframe
- Potting und Schutzlackierungen, Hotmelt-Verkapselung
- SMD, CSP und BGA Montage
- Integration passiver (Drucktechnik) und aktiver Komponenten (Chip in Polymer, Chip in Textile)
- Einbetten von Chips
- Faserkopplung und optische Verbindung zu planaren Wellenleitern, Faserlinsen und Laserfügen
- Elektro-optisches Board und faseroptische Sensorsysteme
- Dünnglas- und Silizium-Photonik-Packaging
- Materialien und Technologien für Chip on Board, Leistungselektronik und Hochtemperaturanwendungen
- Niedertemperatur-Aufbau- und Verbindungstechnologien
- Zuverlässigkeitsuntersuchungen für Verbindungstechnologien, Elektromigration
- Qualifizierung von PCB Packages, Analyse von Fertigungsfehlern und fehlerhaften Verbindungen
- Schulungszentrum Packaging

### Polytronische Systeme

- Polymerelektronik und polymere MEMS
- Wafer-Bearbeitung und ultradünnes Silizium
- Montage von dünnen Chips und Mikrokomponenten
- Prinzipien der Selbstorganisation zum Chip-Assembly
- Anwendungszentrum für flexible Elektronik
- (Rolle-zu-Rolle)
- Heterointegration multifunktionaler Sensorsysteme für »Ambient assisted living« (AAL)
- Biosensor und Biochipsysteme
- Analyse und Test integrierter Systeme

### Mikro-Mechatronische Systeme

- Design von mikro-mechatronischen Systemen
- Verbindungstechnologien und Verkapselung
- Thermo-mechanische Zuverlässigkeit und elektrische Simulation von mikro-mechatronischen Systemen

## INTEGRATION AUF WAFEREBENE

### Siliziumtechnologie und Vertikale Systemintegration

- 3D-Vertikale Systemintegration (VSI)
- Optisch justierte Verbindung von ultradünnen Komponenten
- Integration von neuen Materialien und Prozessen (z. B. piezoelektrische Schichten, SiGe/Si-Epitaxie)
- Neue Transistorstrukturen (z. B. strained Si, SiGe)
- Technologien für Bulk Acoustic Wave Filters

### High Density Interconnect & Wafer Level Packaging

- Chip Scale Packaging
- Wafer Level Bumping
- Dünnschicht-Mehrlagensubstrate
- Hochfrequenz-Mehrlagensubstrate
- 3D-Integration auf Waferebene
- Tragbare Stromversorgung

## MATERIALIEN, ZUVERLÄSSIGKEIT UND NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

### Micro Materials Center

- Deformationen, Zuverlässigkeits- und Lebensdaueranalyse von komplexen elektrischen, mechanischen und optischen Systemen
- Simulation des thermo-mechanischen Verhaltens
- Nanomechanics
- Riss- und Bruchausfallmechanismen, Versagensverhalten, Lebensdauervoraussage (z. B. für Lötverbindungen), Klebstoffe, SMT-Komponenten
- Messtechnik, z. B. microDAC und nanoDAC
- Microsecurity und Nanosecurity
- Thermische Parameter, thermisches Management
- European Center for Micro- and Nanoreliability (EU CEMAN)

### Environmental Engineering

- Integriertes EcoDesign in der Produktentwicklung
- Bewertung von Materialien
- Innovations- und Technikanalysen
- Energy Harvesting und MST
- Condition Monitoring für Elektronik
- Zuverlässigkeitsuntersuchungen mittels kombinierter Belastungstests
- Design von Zustandsindikatoren

## SYSTEMDESIGN

### System Design & Integration

- Technologieorientiertes Produktdesign für autarke Systeme und Sensornetzwerke
- Effiziente Entwurfsmethoden für Systeme basierend auf modernen Aufbau- und Verbindungstechnologien (SiP, MCM...)

- Entwurf & Realisierung hochminiaturisierter Mikrosysteme (weiterentwickelte RFID-Systeme, drahtlose Sensornetzwerke, Energiegewinnung aus der Umwelt ...)
- Entwurf und Realisierung von leistungselektronischen Systemen mit starkem Fokus auf der AVT - Entwurf und Charakterisierung
- Physikalisches und mechanisches Co-Design von Packages- und heterogenen Mikro- und Leistungselektronikprodukten einschließlich deren 3D-Visualisierung
- Feldtheoriebasierte Methoden zur Modellierung und Analyse von elektromagnetischen Zuverlässigkeitsbelangen in der AVT
- Methoden zur Antennenentwicklung und Integration
- Modellierungsmethoden für mesoskopische und Nanostrukturen
- Entwurf und Charakterisierung von Filtern und passiven HF Frontend-Komponenten.
- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) leistungselektronischer Systeme
- Anwendung und Optimierung von piezoelektrischen Komponenten und Systemen (Piezoelektrische Transformatoren, Aktuatoren und Generatoren)

### Mikromechanik, Aktorik & Fluidik

- Simulation von Mikrofluidaktoren
- Design und Entwicklung von mikrofluidischen Komponenten
- Mikrodosiertechnik für Flüssigkeiten und Gase
- Komponenten und Systemprozessierung, Montage und Test
- Anwendungsentwicklungen in Labortechnik, Schmierstoffdosierung, Medikamentendosierung, Brennstoffzellen, u. v. m.
- Mikrofluidiktorik für das Tissue Engineering

# FORSCHUNGS-CLUSTER INTEGRATION AUF SUBSTRATEBENE

// KERNKOMPETENZEN

---

## Systemintegration & Verbindungstechnologien Seite 40

Leitung: R. Aschenbrenner  
rolf.aschenbrenner@izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403-164

Leitung: Dr. M. Schneider-Ramelow  
martin.schneider-ramelow@izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403-172

---

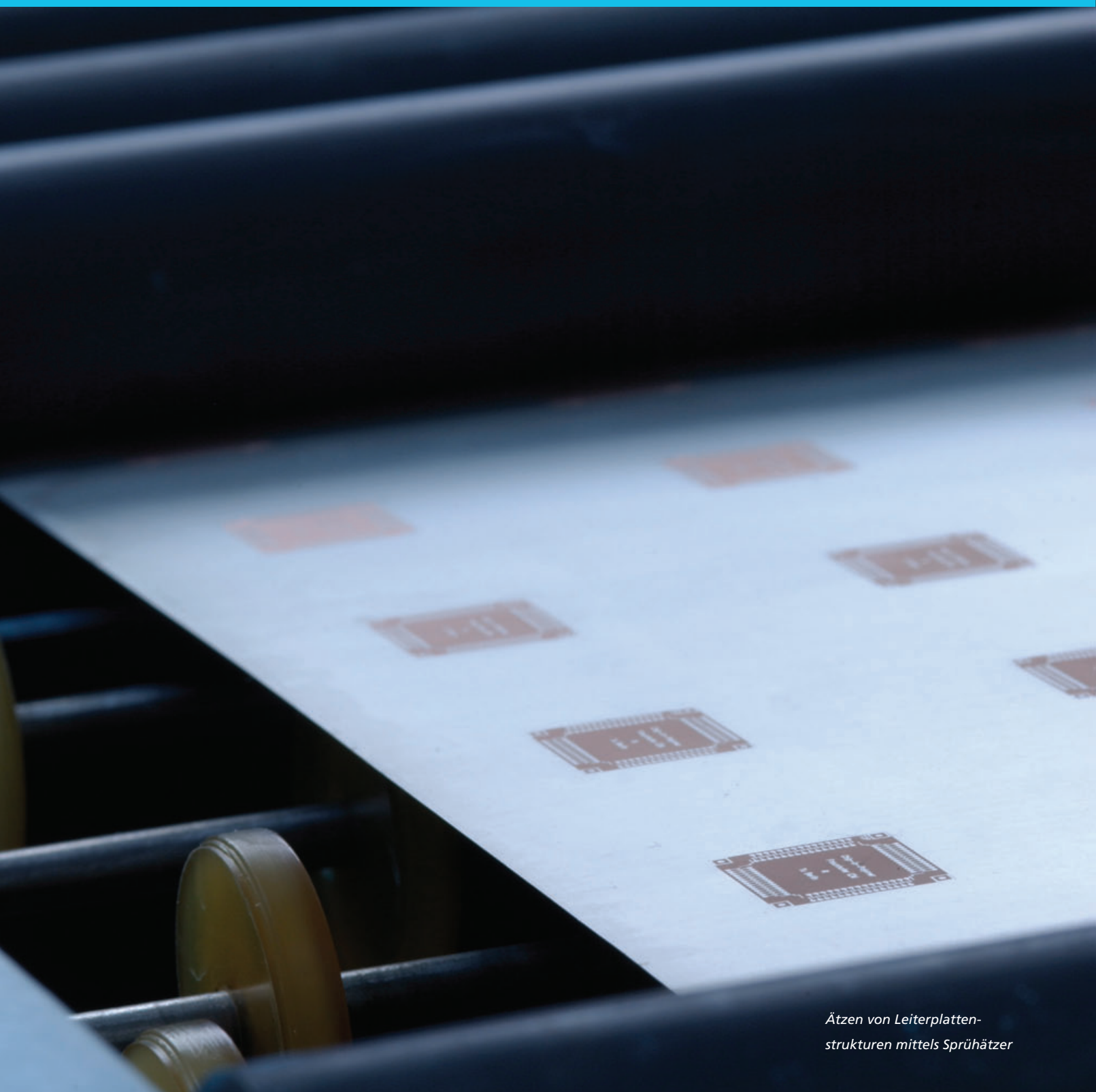
## Polytronische Systeme Seite 44

Leitung: Prof. Dr. K. Bock  
karlheinz.bock@izm-m.fraunhofer.de  
Telefon +49 89 54759-506

---

## PCB Soldering Training / Qualification and Micro Mechatronics Seite 46

Leitung: Dr. R. Stömmer  
ralph.stoemmer@izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 81 53403-21



Ätzen von Leiterplatten-  
strukturen mittels Sprühätzer

# INTEGRATION AUF SUBSTRATEBENE

Getrieben durch die Nachfrage nach leistungsfähigen, aber preiswerten Lösungen werden auf Basis etablierter Technologien erweiterte Funktionalitäten auch auf der Package- oder Modulebene integriert. So können mehrere Komponenten in einem Package (System in Package - SiP) integriert oder mehrere Packages dreidimensional (Package on Package) gestapelt werden. Eine neue Aufbauform auf Boardebene ist das Einbetten ungehäuseter Bauelemente in das Substrat. Zukünftig wird die Integration optischer Funktionen hinzukommen. Das Fraunhofer IZM arbeitet auch hier neuen Technologien wie etwa der Dünnglasintegration oder neuen faserbasierten Kopplungsverfahren.

## HIGHLIGHT 2009

### Kostengünstige optische Bondtechnologie für Laser, LEDs und Detektoren

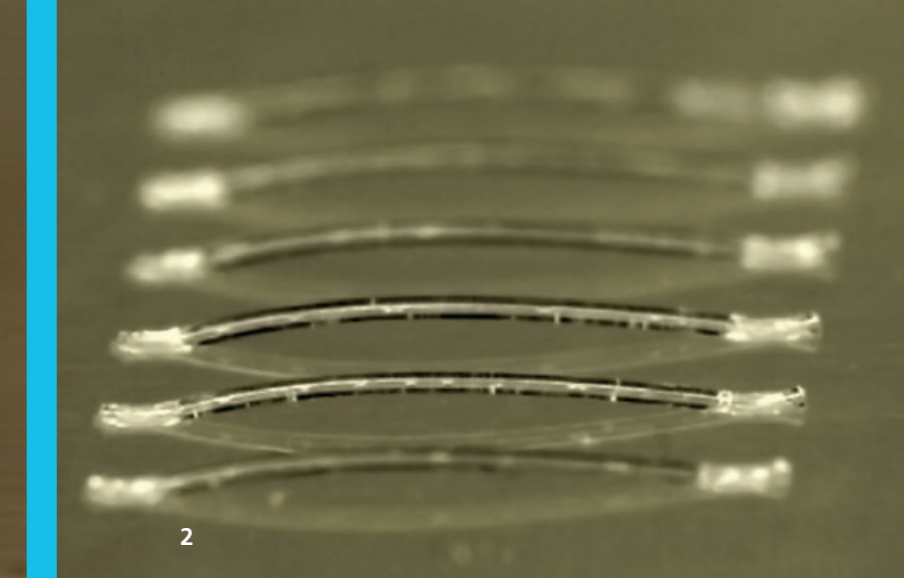
Das Fraunhofer IZM forscht an einer neuen optischen Verbindungstechnik, die einen hohen Grad an Automatisierbarkeit erlaubt und extrem kostengünstig zu werden verspricht. Hierzu wird ein faserbasierendes Kopplungsverfahren auf Modul- und Boardlevel für multimodige Anwendungen in der Kommunikationstechnik und für die Sensorik erarbeitet.

Um einen äußerst kostengünstigen Ansatz zu verfolgen, werden dünne optische Fasern mit den optischen Interfaces stoffschlüssig verbunden. Die Bondabläufe sind der Drahtkontaktiertechnik entlehnt und werden für die optischen Polymerfasern auf modifizierten, automatischen Drahtbonder entwickelt.

Für das Wedge-Wedge-Bonden kommt ein Dickdrahtbonder mit 60 kHz Sonotrode zum Einsatz. Für die Verbindungsbildung ist ein reibungsinduzierter Schmelzprozess der Faser und/oder der Beschichtung notwendig. Eine geringe Temperaturerhöhung des Substrats begünstigt den Verschweißungsprozess, eine zu hohe Bondtemperatur verzögert das Erkalten der Bondstelle und führt bei Verfahrensbewegungen des Bonders zu instabilen Loops. Durch Anpassung der Loopgeometrien, Bond- und Schneidparameter für den Dickdrahtbondprozess ist ein vollautomatischer Bondprozess für unterschiedliche Loopgeometrien möglich.

Beim Ball-Wedge-Bonden wird ein Dünndrahtbonder eingesetzt. Die Faserzufuhr ist modifiziert worden und die Bondwerkzeuge sind für die Kugelbildung angepasst. Von den verschiedenen Methoden der Kugelbildung – z. B. Laser, Gasflamme – hat sich das mechanische Stauchen der Faserspitze auf einer Heizplatte bewährt.

Auch für die Herstellung des Ballbond-Kontakts wird ähnlich wie beim Wedge-Wedge-Verfahren ein ultraschallinduzierter Verbindungsprozess verwendet. Die Qualität der Verbindung lässt sich ähnlich wie beim Drahtbonden anhand von Schertests ermitteln, wobei neben der Scherfestigkeit auch der Bruchcode erfasst wird.



Zur optischen Charakterisierung der Koppelgeometrie wurde ein Messaufbau realisiert, bei dem die Positionen und Winkel von Sendefasern variiert werden konnten. Für eine vertikale Einkopplung (z. B. VCSEL, LEDs) wurden sehr gute Werte von 1 bis 2 dB nur beim Ballbond-Kontakt gemessen; der Wedge-Kontakt ist eher für die horizontale Einkopplung, beispielsweise für Kantenemitter oder spezifische LEDs geeignet.

Ray-Tracing-Simulationen bestätigen die ermittelten Koppelkoeffizienzen für den Ballbond- als auch für den Wedge-Kontakt. Die günstigste Einkopplereffizienz liegt bei Ball-Geometrie vor. Wedge-Bondverbindungen sind für die Einkopplung von Licht nicht geeignet, können aber sehr gut als Auskoppellemente dienen. Durch eingebrachte Reflexionsflächen modifizierte Wedge-Bondverbindungen haben optisch sehr günstige Eigenschaften, die allerdings vom Faseraufbau und der Art der Modifizierung abhängen. So ist zum Beispiel durch die Einbringung einer 45°-Kante eine sehr gute Einkopplung realisierbar.

In zukünftigen Projekten soll die industrielle Reife des Verfahrens erreicht und in Anwendungen im Bereich Sensorik und Datenkommunikation demonstriert werden.

Das wissenschaftliche Vorprojekt KOBOLD (Fördernummer 13N9943) wird gefördert durch das BMBF.

Kontakt:

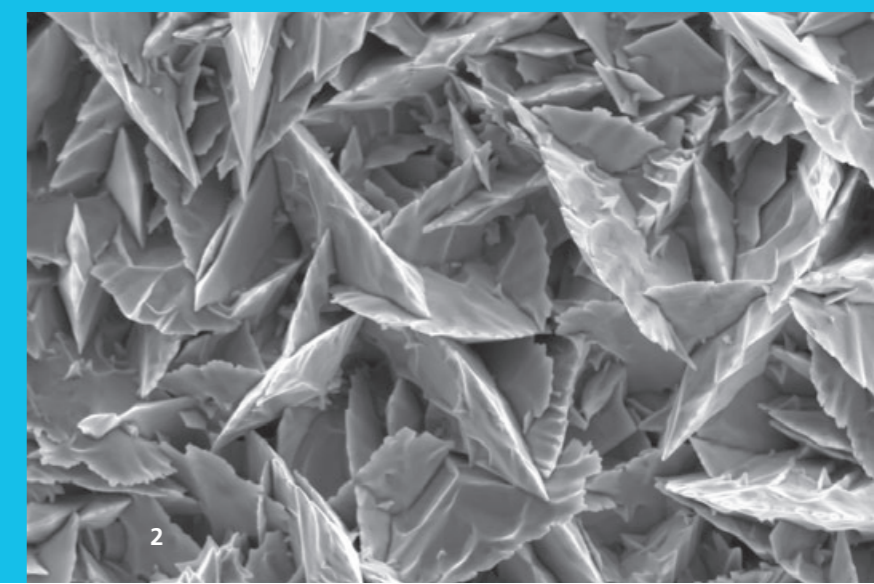
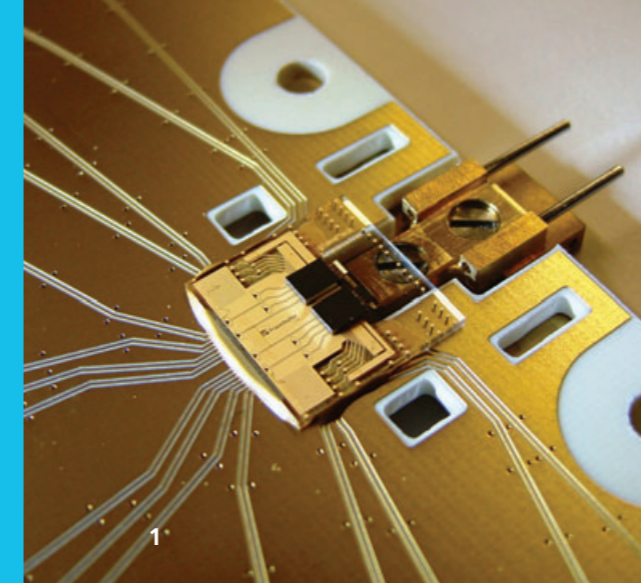
Dr. H. Oppermann  
hermann.oppermann@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon + 49 30 46403  
-163

S. Schmitz  
stefan.schmitz@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon + 49 30 6392  
-8172

1 Ballbond-Kontakt

2 Vollautomatisch im  
Dickdraht-Wedge/Wedge-  
Bondverfahren erzeugte  
Polymerfaserverbindungen

# SYSTEMINTEGRATION & VERBINDUNGSTECHNOLOGIEN



## DIE ABTEILUNG

Das Leistungsspektrum der Abteilung mit ihren rund 100 Mitarbeitern reicht von der Beratung über Prozessentwicklungen bis hin zu technologischen Systemlösungen. Die Wissenschaftler befassen sich schwerpunktmäßig mit der Entwicklung von Prozessen und Materialien für Verbindungstechniken auf Board-, Modul- und Package-Ebene sowie mit der Integration elektrischer, optischer und leistungselektronischer Komponenten und Systeme.

Hauptfokus ist die Verbindungs- und Verkapselungstechnik für das elektronische Packaging wie:

- Neue Lote, Kleber, Drähte und Bumps
- SMD-, CSP- und BGA- und Flip Chip-Montage
- Die Attach (Löten/Kleben)
- Draht- und Bändchen-Bonden (US, TS, Dickdraht und Bändchen)
- Flip Chip Underfilling und COB Glob Topping
- Injektionsverfahren von Flip-Chips, COB und Komponenten auf Leitungsrahmen
- Isoliererguss und Schutzschichten, hochschmelzende Verkapselung
- Einbetten von Chips
- Glasfaser- und flächige Wellenleiterverbindungen, Faserlinsen und Laserschweißen
- Dünnglas- und Siliziumlaser-Packaging

## TRENDS

Die Abteilung löst die Herausforderung des Electronic Packaging durch die Kombination von Systementwicklung und Aufbautechnologien.

Folgende Ziele werden verfolgt:

- Design- und Aufbautechnik für multifunktionale Verdrahtungsträger
- Heterogener Aufbau für System in Packages (SiPs) wie MEMS, ICs, Opto, HF, Passive, ..., auch als 3D-SiPs mit eingebetteten Komponenten und Power-ICs
- Evaluierung neuer Oberflächenschichten für kostengünstige AVT
- Hoch- und Niedertemperaturverbindungstechnologien
- Dehnbare elektronische Systeme auf PU-Basis
- Entwicklung von Jetprozessen für hochviskose Medien, z. B. Die Attach und Glob Top
- Miniaturisierte Elektronik für moderne Diagnostik- und Therapieverfahren in der Medizintechnik
- Integration ultradünner Chips in Sicherheitskarten
- Alternative Löt- und Sintertechnologien für Power-Module
- Multifunktionale Substrate und Packages auf Basis von Dünnglasfolien
- Technologien für optische Chip-zu-Chip-Kontakte
- LED-Module und Weißlichtkonversion

## FORSCHUNGS-HIGHLIGHTS

### Nanoporöse Metallkontakte

Neue Verbindungstechniken für Hochtemperatur- und Leistungsanwendungen basieren auf Sintern und Transient Liquid Phase Bonding (Diffusionslötten). Eine kompressible Verbindungsmethode verwendet nanoporöses Gold für Niedertemperatur- und Niederdruckverbindungen bei Flip Chip-Montagen.

### Kristalline Oberflächen

Ein neu entwickeltes galvanisches Verfahren ermöglicht die Erzeugung dreidimensional erhabener kristalliner Goldstrukturen.

Die ausgebildeten Kristallite sind durch Nanospitzenprofile bei stabiler verbreiterter Basis gekennzeichnet. Sie besitzen ein großes Anwendungspotenzial vor allem für Mikrosysteme und -komponenten. Als sogenannte Au-Haizahnstrukturen lassen sie sich beispielsweise unter Druckeinwirkung bei Raumtemperatur stoffschlüssig ineinander fügen. Dabei bilden sich ultraflache und hochzuverlässige FC-Verbindungen ( $< 10 \mu\text{m}$ ). Darüber hinaus eignen sich die Oberflächen hervorragend als Interface für Zellbiologie und chemische Sensorik.

### Hochtemperaturlöten

Für Lötverbindungen, die für hohe Betriebstemperaturen geeignet sind, wird an neuen Lotlegierungen und Metallisierungsschichten gearbeitet. Es konnte gezeigt werden, dass sich galvanisch abgeschiedenes Eisen sehr gut als effektive Diffusionsbarriere eignet, nicht nur für festes Lot, weil die intermetallischen Phasen langsam wachsen, sondern auch für zeitweise flüssige Lötstellen, da sich Eisen kaum im flüssigen Lot löst. Daneben wird an neuen Legierungen geforscht, die während des Lötens isotherm erstarren, sodass sich erst während des Prozesses selbst eine Verbindung bildet, die eine erhöhte Wiederaufschmelztemperatur hat.

### Drahtbondtechnologien

Weltweit erstmalig gelang die Präparation und bildhafte Darstellung interfacenaher Ermüdungsrisse und gleichzeitig der Kornstruktur von Dickdrahtbonds auf Leistungshalbleitern nach Active Power Cycling-Tests. Dieses Forschungsgebiet, das im Rahmen einer Promotion bearbeitet wird, liefert wesentliche Erkenntnisse und Modelle zur Zuverlässigkeit dieser Kontaktiertechnologie, die heutzutage als Stand der Technik für Power-Module, wie z. B. Umrichter oder Leistungstreiber angesehen wird.

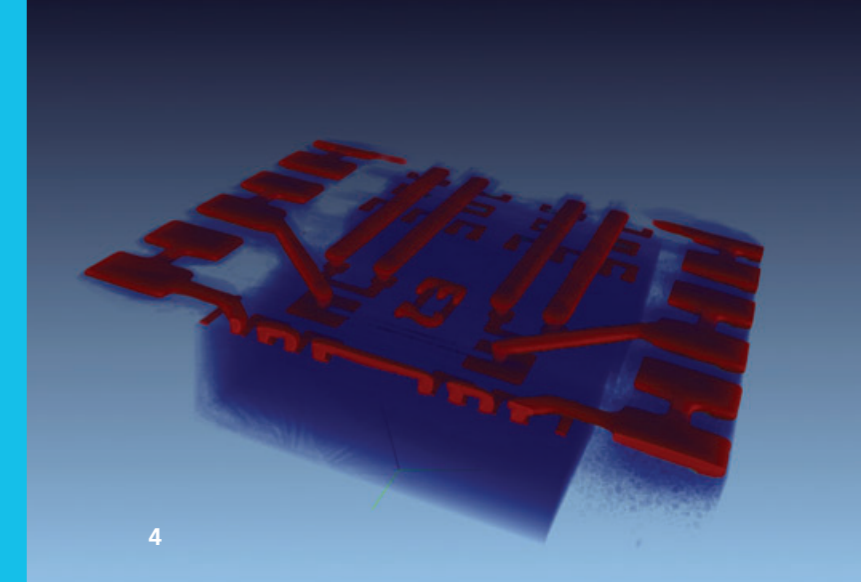
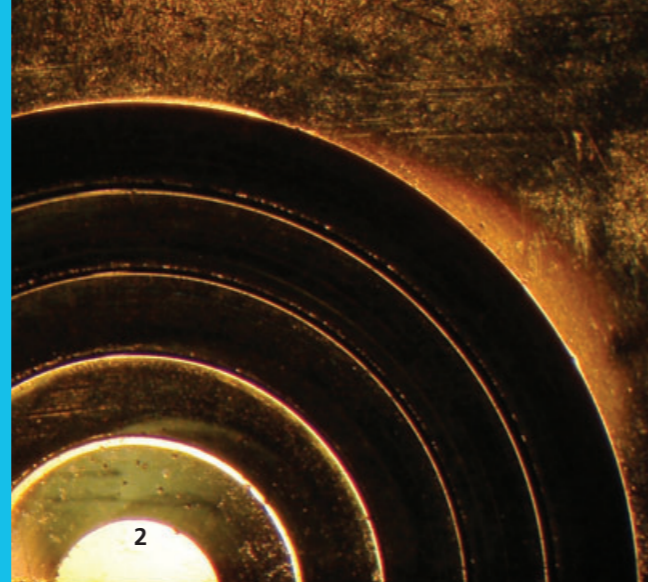
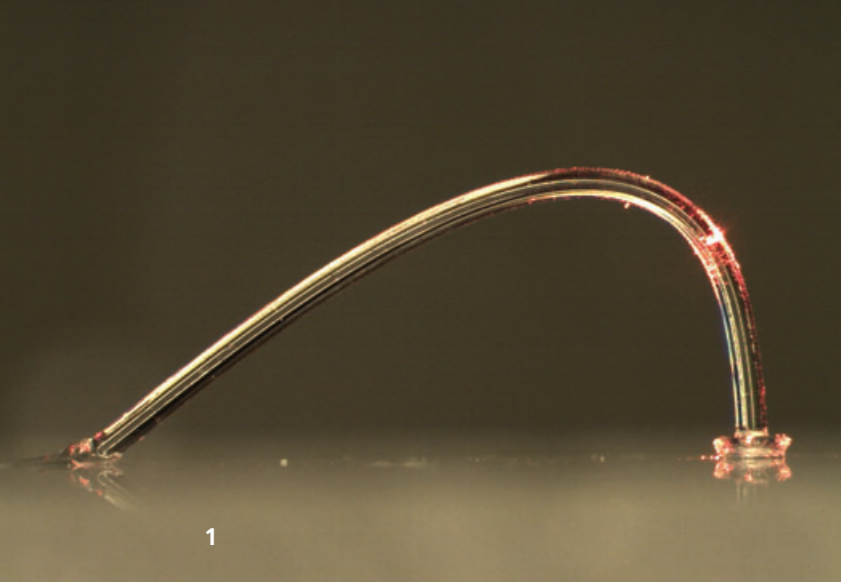
Leitung:

R. Aschenbrenner  
rolf.aschenbrenner@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403  
-164

Dr. M. Schneider-Ramelow  
martin.schneider-ramelow@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403  
-172

1 4x10GBits Transceiver-Modul mit Kantenlänge 1 cm montiert auf einem Testboard und mit einem optischen MT-Faserarraystecker bestückt

2 Kristalline Au-Haizahnstrukturen, aus denen sich extrem flache und hochzuverlässige FC-Verbindungen bilden lassen



Im Bereich der Kontaktierung alternativer Materialien gelang die Verbindung von optischen Polymerfasern (POF) und Polymeroberflächen mittels angepasster Wedge/Wedge- und Ball/Wedge-Bondprozesse. Die optische Charakterisierung eines Balkkontaktes ergab optische Kennwerte, die mit kommerziell erhältlichen Stecksystemen vergleichbar sind.

Das Potenzial drahtgebundener optischer Kontakte wird im Rahmen des vom BMBF geförderten wissenschaftlichen Vorprojektes KOBOLD (Förderprogramm Optische Technologien, Kennziffer 13N9943) erforscht.

#### Verkapselungstechnologien

Im Bereich der Verkapselung lag ein Schwerpunkt im Präzisionsdosieren von nano- und mikro-funktionalisierten Materialien, hier vor allem auf der Dosierung von höherviskosen Materialien von 1 Pas bis >300 Pas.

Die Erweiterung der analytischen Möglichkeiten in den Bereichen Reaktionskinetik, Rheologie und Feuchtediffusion bewirkte deutliche Fortschritte im Verständnis von polymerbasierten Prozessen und deren Zuverlässigkeit.

Durch Einbettprozesse wie Chip in Polymer und Chip in Duromer gelang es, die Arbeiten zur 3D-Integration weiterzuführen – im Fokus stand hier die Realisierung eines Multisensormoduls (z. B. Druck, Beschleunigung, Magnetfeld oder Drehrate) für die Consumer-Elektronik, Industrieelektronik und Verkehrstechnik. In diesem Rahmen wurden Themen wie Wafer Level-Verkapselung und Through Mold Vias (TMV) bearbeitet.

#### 3D Wafer Level-Montage

Drei Chip-zu-Wafer Technologien wurden etabliert:

- Flip Chip-Montage auf Interposer-Wafer
- permanenter Die Bond für Dünnschicht-Einbettung
- Chip-zu-Wafer Rekonfigurierung für Wafer-zu-Wafer Bonden

Die Technologien wurden demonstriert im Pitch bis 40 µm, mit mehr als 3000 Chips pro Wafer, für ICs, MEMS und optoelektronische Komponenten.

#### Elektro-optischer Transceiver auf Basis der Glas-Packaging-Technologie

Kürzlich wurde ein 4x10 GBit/s elektro-optisches Transceiver-Modul für Hochgeschwindigkeitskommunikationsanwendungen präsentiert, welches einen bedeutenden Meilenstein in der Forschungs- und Entwicklungsarbeit des glasbasierten Packaging-Konzepts »glassPack« darstellt. Dabei steht die Verwendung von Glas als Substratmaterial im Mittelpunkt. Glassubstrate haben ausgezeichnete optische, elektrische, chemische und mechanische Eigenschaften.

Der vorgestellte Transceiver basiert auf einem Through-Glass-Via (TGV) Interposer der mit vierkanaligen VCSEL und PIN Array sowie zwei Treiberkomponenten bestückt ist. Die optische Ankopplung von VCSEL und PIN Array zu einem Faserarray erfolgt über ein Wellenleiterelement mit 45° Umlenkspiegel, welches unter dem Interposer positioniert ist. So kann das emittierte optische Signal des VCSELs durch den Interposer strahlen und durch den Umlenkspiegel in den Wellenleiter koppeln. Damit ist ein effektives und hochintegriertes optisches Koppelungsprinzip umgesetzt worden.

#### LED-Module und Weißlicht-Konversion

Ultra High Brightness LEDs für Allgemeinbeleuchtung oder Scheinwerfer sind begrenzt durch die Entwärmung. Wir entwickeln Technologien mit dünnen Kontakten und kleinem thermischem Widerstand: AuSn-Lot und gesintertes Ag. Wellenlängenkonverter-Filme mit homogener Weißlichtverteilung werden in LED-Gehäuse integriert.

#### Medical Micro Systems

Medizinische Mikrosysteme sind viel versprechende Anwärter, um das Leben zahlreicher Patienten mit chronischen Krankheiten oder Behinderungen nachhaltig zu verbessern. Spezielle Anforderungen an die Mikrosysteme im medizinischen Anwendungsfeld sind hierbei zu berücksichtigen. So sind eine hohe Zuverlässigkeit sowie der Komfort des Patienten zu gewährleisten. Moderne Mikrotechnik stellt jetzt sicher, dass alle diese Anforderungen wie auch ein erweiterter Funktionsumfang als »added value« eingebracht werden können. So werden neue Technologien verwendet, um das zu integrierende System so klein, zuverlässig und kostengünstig wie möglich zu realisieren. Hierbei kommen die Nacktchipverarbeitung, die Nutzung integrierter Komponenten sowie schützende, biokompatible Verkapselungsprozesse zum Tragen.

Als Teilinitiative des Fraunhofer IZM innerhalb der Fraunhofer Allianz »Ambient Assisted Living« (AAL) steuert die Abteilung innovative Aspekte der Sensorik und des Monitorings in der Lebensumgebung der Menschen bei.

#### System on Flex

Es wurden Prozesse zur Integration bestückter dehnbare Leiterplatten auf Textilien entwickelt. Verschiedene intelligente Kleidungsstücke wurden mit dieser Technologie in Zusammenarbeit mit Studenten der Universität der Künste realisiert. Alle Systeme enthalten Sensoren (Beschleunigung, Licht und Dehnung), Controller-Module und LED Arrays. Das Projekt KLight erhielt den Innovationspreis der Techtexil 2009.

Im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts Pariflex wurde ein passives RFID-Modul mit Display realisiert. Aufgrund des feinen Pitches der Chips (50 µm) sowie der Anforderung, ein dünnes Modul zu erhalten, wurden die ICs mit 50 µm Restdicke auf flexible Interposer montiert und dann als Chipsatz von sechs Chips in die Leiterplatte integriert.

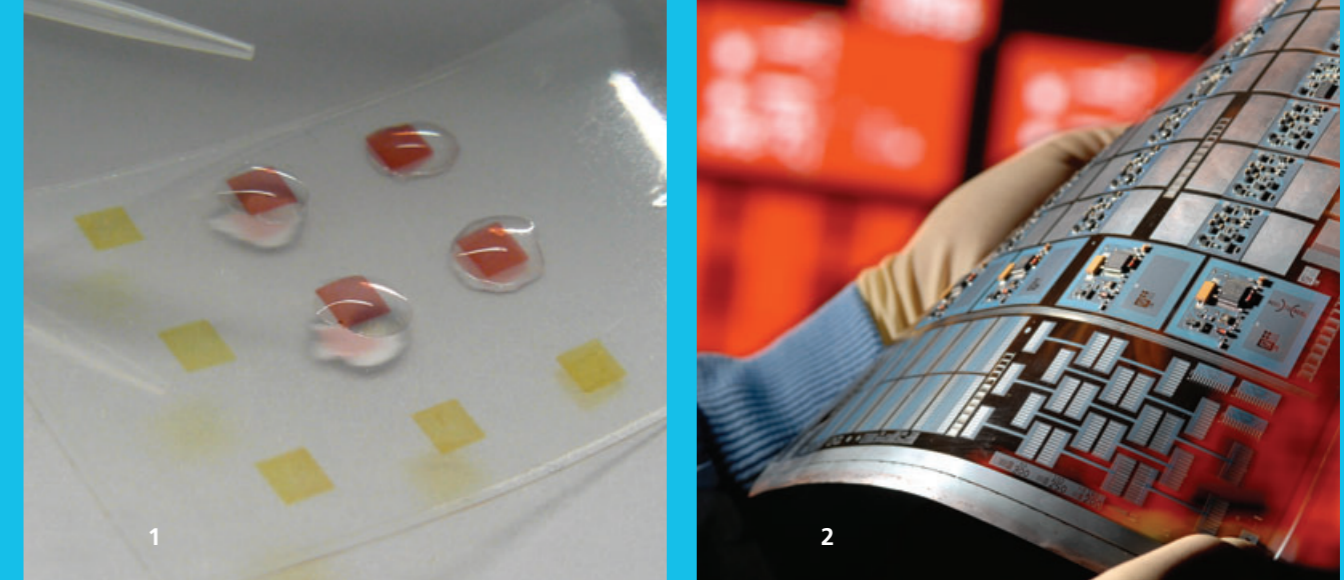
1 Einkopplung von rotem Laserlicht in eine Ball/Wedge gebondete optische Verbindung (POF)

2 Entwurf einer geprägten Linse für einen Dämmerungslichtsensor

3 Pneuma Dress. Die Atmung der Trägerin gibt den Beleuchtungsimpuls für die textilintegrierte Elektronik

4 Mold Wafer Level 2-Chip Package mit auflaminierter Umverdrahtungslage

# POLYTRONISCHE SYSTEME



## DIE ABTEILUNG

Die Abteilung Polytronische Systeme entwickelt Komponenten und Heterointegrationstechnologien für »Large Area Electronics« mit Fokus auf dem Anwendungsfeld »Ubiquitäre Systeme« und kombiniert Elektronik z. B. mit Sensoren, Batterien oder Mikrofluidiksystemen. Dazu gehören auch Sensoren, Analog- und Digitalelektronik auf Basis von organischen Halbleitern (Polymerelektronik), die neue Perspektiven in der Heterointegration eröffnen. Sie lassen sich mittels kostengünstiger Rolle-zu-Rolle-Prozesse auf flexiblen Substratmaterialien wie Plastikfolien oder Papier fertigen.

Die Abteilung betreibt ein Anwendungszentrum zur Entwicklung und Herstellung von flexiblen elektronischen Systemen und Mikrosystemen, welches mit industriellen Produktionsmaschinen ausgestattet ist.

Hochspezialisierte Herstellungsprozesse für dünne Siliziumsubstrate bis hin zu flexiblem Silizium mit 10–30 µm Stärke werden als integrierte Prozesse von Dünnungs-, Handhabungs- und Vereinzelungsprozessen entwickelt und sind oftmals Voraussetzung für eine erfolgreiche Heterointegration. Nanotechnologien, wie Nanokontakte, Oberflächenprogrammierung und die Selbstorganisation zum Chip Assembly werden erforscht.

## TRENDS

Eine am Menschen orientierte vernetzte Welt (Ambient Assisted Living, AAL) erfordert kostengünstige, multifunktionale, ubiquitäre Systeme. Um die dafür erforderlichen Infrastrukturen aufzubauen, müssen elektronische Systeme in großen Stückzahlen kostengünstig auf großflächigen Substraten hergestellt werden. Autarke Sensornetze in Kombination mit der RFID-Technologie führen bereits heute zu neuen Anwendungen in der Logistik, Prozess- und Medizintechnik.

In der Zukunft werden die heutigen in der Regel noch einlagigen flexiblen Systeme durch komplexe Mehrlagensysteme mit hoher Funktionsdichte ersetzt. Mittels Heterointegration können zusätzliche funktionale Schichten, wie Sensorfolien oder integrierte polymerelektronische Schaltungen auf Folien, eingebracht werden. Alternativ können auch gedünnte und dadurch flexible klassische Siliziumchips oder -sensoren integriert werden. Dafür sind neue Technologien zur Beschichtung, Strukturierung und Mikrobearbeitung erforderlich, welche in der Abteilung intensiv erforscht werden.

Im Rolle-zu-Rolle-Anwendungszentrum können solche im Labor entwickelten Technologien dann zusammen mit dem Kunden in einen industriellen Fertigungsprozess umgesetzt werden.

## FORSCHUNGS-HIGHLIGHTS

Um die Kompetenz der Abteilung in den Bereichen neue Materialien und Sensorschichten auszubauen, hat mit finanzieller Unterstützung des Bayerischen Wirtschaftsministeriums die Fraunhofer-Arbeitsgruppe Sensormaterialien an der Universität Regensburg im September 2009 ihre Arbeit aufgenommen. Ihr Fokus liegt auf der Entwicklung und Herstellung von multifunktionalen Farbstoffen, Sensor-Paints und Nanopartikeln für analytische Anwendungen. So können fluoreszierende Nanosensoren zur Messung von Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, pH oder O<sub>2</sub> in lebenden Zellen und Mikroorganismen eingesetzt werden. Sensitive Indikatorfarbstoffe für Zucker, Alkohole und Amine werden in Polymerschichten eingebettet und ermöglichen eine kontinuierliche optische Messung dieser Analyte. Gegenwärtig werden Zelloeschichten an stabile Trägerfolien laminiert und mittels Maskentechnologie strukturiert, sodass gezielt verschiedene pH-Indikatorfarbstoffe angebunden werden können. Ziel ist der Aufbau von optischen Sensorschichten und Sensorarrays, welche mit Rolle-zu-Rolle-Technologien und Polymerelektronik kompatibel sind.

Zur Fertigung autarker und flexibler elektronischer Systeme, z. B. in Form von Sensor-Labels, müssen neue Assembly-Techniken entwickelt werden, um mehrere funktionale Folien bzw. flexible Komponenten mechanisch und elektrisch miteinander zu verbinden. Im Rahmen des Projekts SmartPlastic wurden entsprechende Heterointegrationstechniken auf Polymerfolie entwickelt und ein Demonstrator bestehend aus organischer Photovoltaik, flexibler Batterie, Energiemanagement, Displayelementen und einem Sensorinterface aufgebaut.

Neue Niedertemperatur-Verbindungstechniken zur elektrischen Kontaktierung von Chips können mittels Nanotechnologie verwirklicht werden. Durch nanoskalige Lithographie und Through Mask Electroplating auf Bondpads können Nanostrukturen erzeugt werden, die sich unter Druck kaltverschweißen lassen und eine sehr gute elektrische Verbindung gewährleisten. Im Vergleich zur klassischen Flip Chip-Technologie lassen sich wesentlich höhere Integrationsdichten erreichen.

Es wurden neuartige bipolare mobile elektrostatische Träger auf der Basis von Siliziumwafern realisiert, die erstmals über Kontakt-Pads an der Substratrückseite aufgeladen und aktiviert werden können. Dies ist ein wesentlicher Entwicklungsschritt auf dem Weg zu einer produktions-tauglichen Handhabungstechnik für sehr dünne Siliziumwafer. Mit dem neuen Trägersystem wurde eine Temperaturbeständigkeit des elektrostatischen Halteprinzips von 300 °C erfolgreich demonstriert.

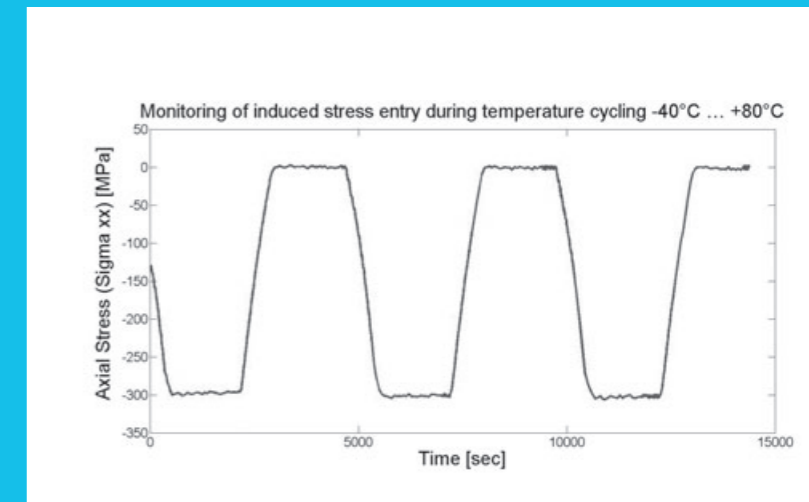
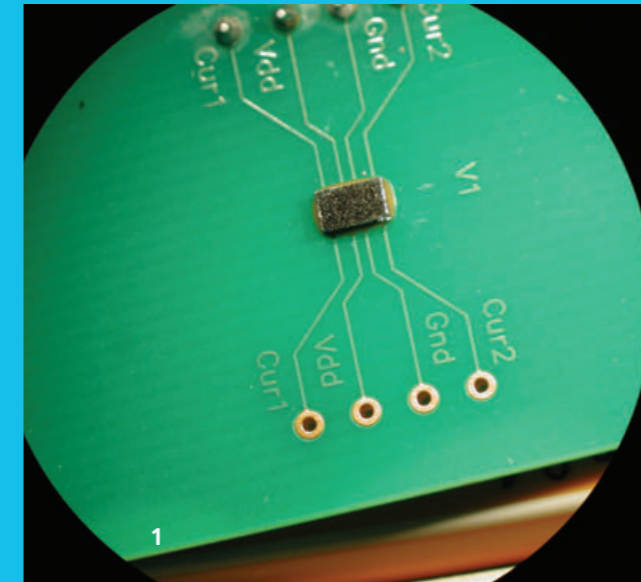
Leitung:  
Prof. Dr. K. Bock  
karlhein.z.bock@  
izm-m.fraunhofer.de  
Telefon +49 89 54759  
-506

1 pH-sensitives Folienarray

2 Heterointegration von  
elektronischen Komponenten  
auf flexiblen Folien



# PCB SOLDERING TRAINING/ QUALIFICATION AND MICRO MECHATRONICS



## DIE ABTEILUNG

Am Fraunhofer IZM Standort Oberpfaffenhofen sind das Mikro-Mechatronik Zentrum (MMZ) und das Zentrum für Verbindungstechnik in der Elektronik (ZVE) vereint.

Die Kompetenzen des MMZ umfassen den Entwurf, die Entwicklung und das Rapid Prototyping elektronischer Systeme auf neuartigen Trägersubstraten. Es werden Konzepte zur funktionalen Anpassbarkeit von Gehäuseformen und -strukturen erarbeitet. Dies beinhaltet ein vollständiges Entwurfskonzept für Aufbau und Häusung von Bauteilen, das sowohl elektrische als auch mechanische Eigenschaften der Systeme mit Struktursimulationen vereint.

Das ZVE evaluiert Verbindungstechniken für elektronische Baugruppen mit erhöhten Zuverlässigkeitsanforderungen unter rauen Umgebungsbedingungen. Dies beinhaltet kundenspezifische Qualifikationen elektrischer Systeme bis hin zur strukturellen und elektrischen Zuverlässigkeitsbewertung und Fehleranalyse elektronischer Baugruppen. Darüber hinaus werden praxisorientierte Kurse sowohl für Standard- als auch für neue Löttechniken, für Handlöten und für lotfreie Verbindungstechniken angeboten.

Seit 2009 zählt das ZVE zu den IPC-akkreditierten Schulungszentren.

## TRENDS

Die Integration elektronischer Systeme führt auch in der Anwendung zu fundamentalen Veränderungen: Der Verschmelzung von Form und Funktion. Wirtschaftszweige wie Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik und Automobil suchen nach leichten, funktionsintegrierten, kostengünstigen, aber dennoch hochzuverlässigen Alternativen zu den klassischen, in aller Regel verschraubten, geklebten, und gesteckten mehrkomponentigen Funktionsteilen.

Folgende Ziele werden verfolgt:

- Technologieübergreifende Innovationen zur Produktqualifikation elektronischer Systeme
- Aufbau nicht-planarer elektronischer und mechatronischer Systeme
- Entwicklung neuartiger Trägermaterialien zur Systemverkapselung
- Integration von Elektronik in heterogene Kunststoff-Metall-Komposite
- Methodenentwicklung zum zeit- und kostensparenden in-situ Monitoring kritischer Zustandsgrößen in der Produktqualifikation
- Entwicklung neuer Qualifikations- und Zuverlässigkeitskriterien für heterogene Material- und Funktionsverbünde
- Weiterentwicklung des Schulungskonzepts

## FORSCHUNGS-HIGHLIGHTS

### Innovative LED-Fertigungstechnologie: das Map Type Cavity Molding-Konzept

Die LED-Technologie befindet sich in einem spannenden Übergang von der rein technisch getriebenen Entwicklung hin zu einer Phase des eigentlichen Eintritts in den Beleuchtungsmarkt. Lag der Fokus bisher lange auf der Effizienzsteigerung der elektrisch-optischen Konversion, so gewinnt seit einiger Zeit die Kostenreduktion in der Fertigungstechnologie an Bedeutung. Im Rahmen des Verbundprojektes ForPhoton wurde ein Map Type Molding-Verfahren entwickelt, welches 100 Einbauplätze zur Montage hochpräziser LEDs auf einer quadratischen FR4-Leiterplatte (40 mm x 40 mm) realisiert. Die Innovation ist für die STM Sensor Technologie München GmbH aus Neubiberg ein weiterer Schritt, hochpräzise LEDs wirtschaftlich in sehr großen Stückzahlen und hoher Zuverlässigkeit herzustellen.

### Cleverness schafft Sicherheit: Micro-Electronic Seals

Beim Micro-Electronic Seal handelt es sich um einen schlaun Verschluss, der es nur autorisierten Personen erlaubt, einen Behälter zu öffnen. Unter Federführung des Applikationszentrums Smart System Integration in Berlin haben daran Forscher aus Oberpfaffenhofen gemeinsam mit dem mittelständischen Unternehmen Angewandte System Technik mit Sitz im bayerischen Wolnzach gearbeitet. Basis für den »intelligenten« Verschluss ist die Mikro-Mechatronik, bei der mechanische Bauteile, Elektronik und Datenverarbeitung zusammenwirken. Damit lassen sich viele Substanzen, die gesundheitsschädlich, reizend oder ätzend sind, sicher verwahren. Der elektronische Schraubverschluss benötigt keine Energie und lässt sich günstig als Massenprodukt herstellen.

### In-situ Monitoring für die Produktqualifikation: der Stressmesschip

Ursprünglich entwickelt im BMBF-Projekt iForceSens, hat der CMOS Stressmesschip inzwischen weitere Anwendungsbereiche erschlossen. Der Testchip besteht aus piezo-resistiven Strukturen, über welche die Haupt- und Scherstresskomponenten von mechanisch-/thermischen Belastungen gemessen werden. Zeit ist Geld, und vor dem Hintergrund beschleunigter Produktentwicklungszyklen erlaubt in-situ Monitoring in der Produktqualifikation, bei Qualifikationsfehlern zeitraubende Analysen von Ursache-Wirkungszusammenhängen abzukürzen. Der Stressmesschip wird gegenwärtig für das Stress-Monitoring bei Temperaturwechselbelastungen und Verkapselungsprozessen von Mikrochips und MEMS-Bausteinen konfektioniert.

Leitung:

Dr. R. Stömmmer

ralph.stoemmer@

izm.fraunhofer.de

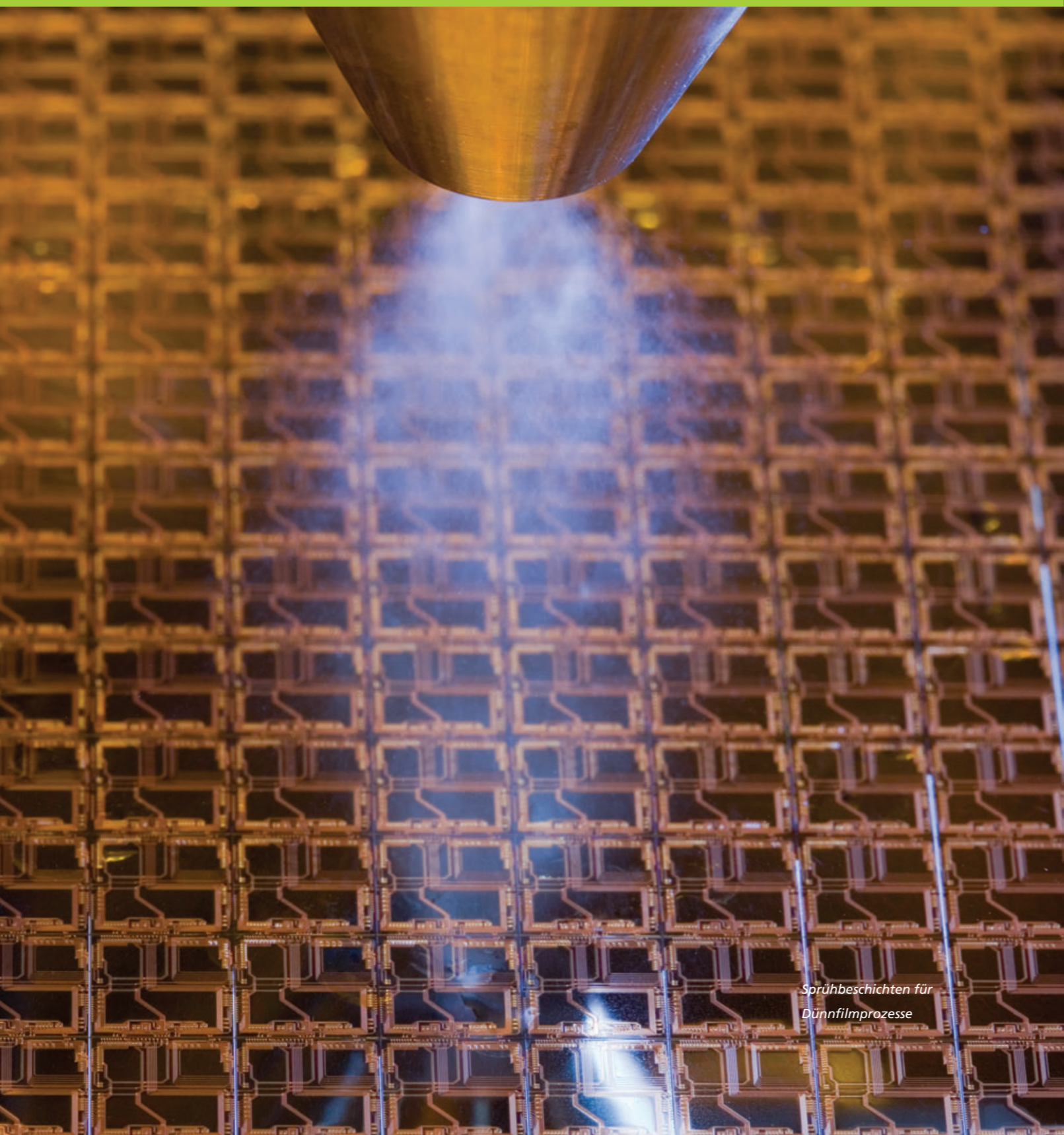
Telefon +49 8153 403

-21

<sup>1</sup> Anwendung des CMOS Stressmesschips: Ermittlung der strukturellen Integrität eines Mikrochip-Packages unter Temperaturbelastung

# FORSCHUNGS-CLUSTER INTEGRATION AUF WAFEREBENE

// KERNKOMPETENZEN



Sprühbeschichten für  
Dünnschichtprozesse

---

## Siliziumtechnologie und Vertikale Systemintegration

Seite 52

Leitung: Dr. P. Ramm  
peter.ramm@izm-m.fraunhofer.de  
Telefon +49 89 54759-539

---

## High Density Interconnect and Wafer Level Packaging

Seite 54

Leitung: O. Ehrmann  
oswin.ehrmann@izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403-124

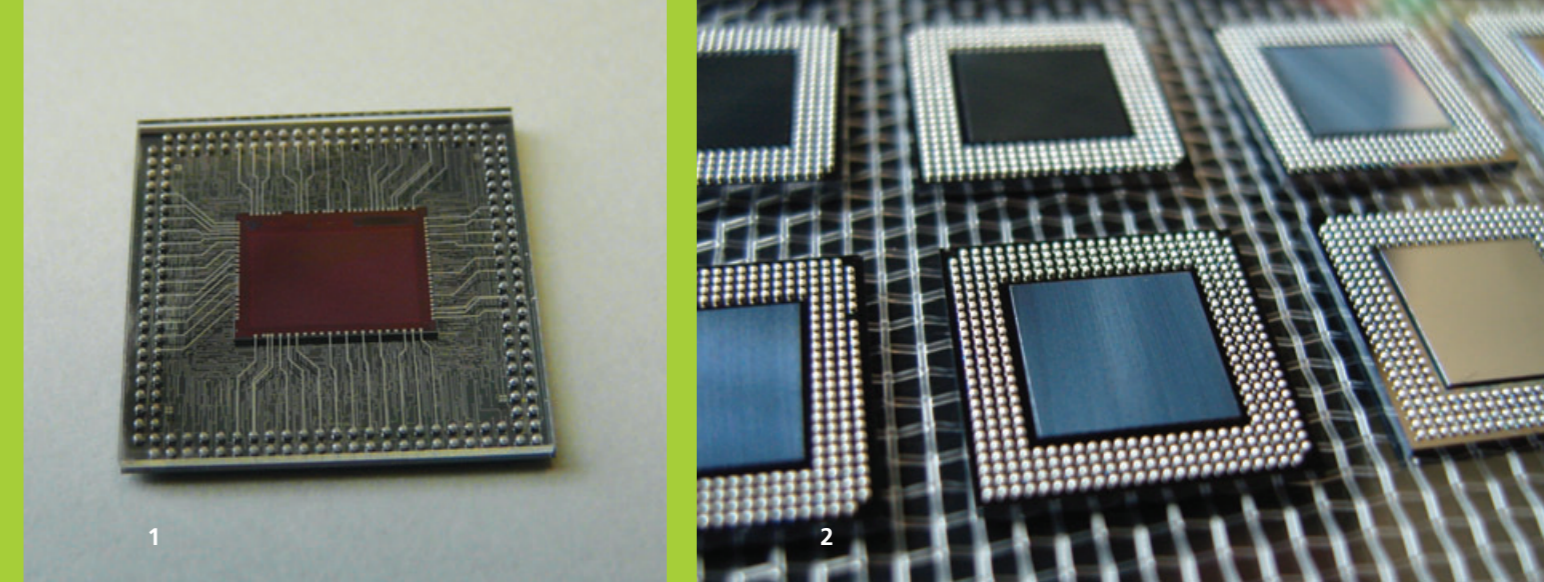
---

## Nanomaterialien und Bauelemente

Seite 56

Leitung: Prof. Dr. I. Eisele  
ignaz.eisele@izm-m.fraunhofer.de  
Telefon +49 89 54759-189

# INTEGRATION AUF WAFEREBENE



*Mit dem Ansatz des Wafer Level Packaging lassen sich bei heterogenen Aufbauten die höchsten Integrationsdichten erreichen. Alle Prozessschritte werden auf Waferebene, jedoch nach Abschluss der eigentlichen Front End-Prozesse durchgeführt. Entwickelt werden Packages, deren laterale Größe mit den Chipabmessungen nahezu identisch ist. Auch werden auf dem Wafer weitere aktive oder passive Komponenten in Zwischenschichten integriert. Noch höhere Integrationsdichten lassen sich bei der 3D-Integration mit der Siliziumdurchkontaktierungen (TSV) oder mit der Verwendung von Silizium-Interposern und TSV erreichen.*

## HIGHLIGHT 2009

### 3D Systemintegrations-Technologie für die Realisierung eines Imagesensors

Die 3D-Systemintegration eröffnet neue Wege für die Realisierung von Mikrosystemen in den unterschiedlichsten Anwendungsgebieten. Herausragendes Merkmal der 3D-Integration ist, dass aufgrund des heterogenen Ansatzes Komponenten unterschiedlichster Herstellungstechnologien zu einem hochfunktionellen, stark miniaturisierten Gesamtsystem vereinigt werden können und dass die elektrische Performance mittels der 3D-Integration verbessert werden kann. Am Beispiel eines Bildverarbeitungssystems für Fahrerassistenzsysteme, das mit einem speziellen Bildsensor und einer angepassten, digitalen Signalverarbeitung (Signalprozessor) Bild-daten in extremen Situationen, wie z. B. bei hohen Kontrastverhältnissen, auswerten kann, werden im Folgenden die Vorteile der 3D-Integration dargestellt

Der entwickelte 3D-Imagesensor wurde vom Fraunhofer IZM gemeinsam mit der Fa. Infineon und dem Fraunhofer IIS in einem vom BMBF geförderten Verbundvorhaben realisiert. Die Firma Infineon entwickelte hierzu einen speziellen Bildverarbeitungsprozessor, der mittels einer Silizium-Interposer-Technologie zusammen mit dem eigentlichen Sensorelement zu einem miniaturisierten Gesamtsystem aufgebaut werden konnte. In dem realisierten System dient der Silizium-Interposer mit elektrischen Durchkontaktierungen (3023 TSVs) und einer angepassten Umverdrahtungstechnologie (2-Lagen-Metallisierung) und einer geeigneten Verbindungstechnologie auf der Basis von SnAg-Microsolderbumps als Verbindungselement des Sensors zum Prozessor. Der Bildsensor wurde mittels Flip Chip-Technologie auf einen Glasträger mit einer entsprechenden Umverdrahtungslage und einem angepassten Lot-Verbindungssystem montiert. Für die Komplettierung des Gesamtsystems wurden dann beide Teile (Glasträger mit Bildsensor und Interposer mit Bildprozessor) mittels Solder-Preforms (SnAg) verbunden.

Abbildung 1 zeigt die Sensorseite des komplett prozessierten Gesamtsystems, auf welchem sowohl die Umverdrahtungsebene als auch die Interconnect-Solderballs zum Interposer erkennbar sind. Das Gesamtsystem hat eine Größe von 14 x 14 mm<sup>2</sup>. Abbildung 2 zeigt die Rückansicht des Gesamtsystems. Die Verbindungsebenen wurden so ausgelegt, dass das Gesamtsystem wie ein Ball Grid Array (BGA) auf einem entsprechenden organischen Substratträger montiert werden kann. Der Si-Interposer mit TSVs ist mit 50 µm Dicke das dünnste Element im Gesamtsystem und wird durch den Glasträger mit dem Flip Chip-assemblierten Bildsensor mechanisch stabil gehalten.

Das Systemkonzept für den 3D-Aufbau ist so ausgelegt, dass bei veränderten Subkomponenten wie einem re-designed Prozessor oder einem anderen Bildsensor der Gesamtsystemaufbau leicht angepasst werden kann. Aus diesem Grund können auch standardisierte Komponenten gut in das Aufbaukonzept integriert werden. Die Schnittstelle zum organischen Verdrahtungsträger ist angepasst an den Standard für BGAs.

Der am Fraunhofer IZM realisierte Gesamtaufbau des 3D-Bildsensors wurde erfolgreich bei der Fa. Infineon getestet und zeigt sehr gut das Ineinanderwirken verschiedener Systemintegrations-Technologien wie Si-Interposer mit Durchkontaktierung, Umverdrahtungstechnologien für Prozessoren und Sensoren, Bumping- und Dünnungstechnologien. Nur in dieser Gesamtheit sind auch andere 3D-Systeme erfolgreich praktisch umsetzbar. Für die 3D-Systemintegration ist die Synergie vom Systemkonzept, Systemdesign, Systemtechnologien, Test und Zuverlässigkeitsuntersuchungen der Schlüssel für eine erfolgreiche Umsetzung. Alle diese Einheiten müssen stets im Gesamtkonzept betrachtet werden. Dies ist eine neue Herausforderung für Systementwickler und zeigt auch gleichzeitig das enorme Potential derartiger Technologien.

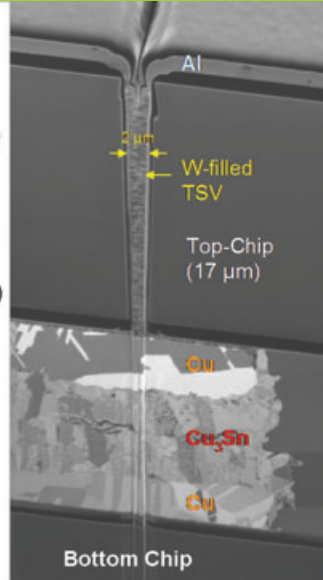
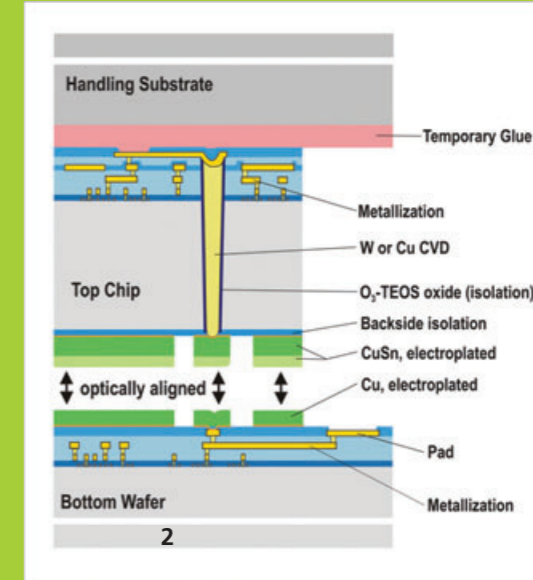
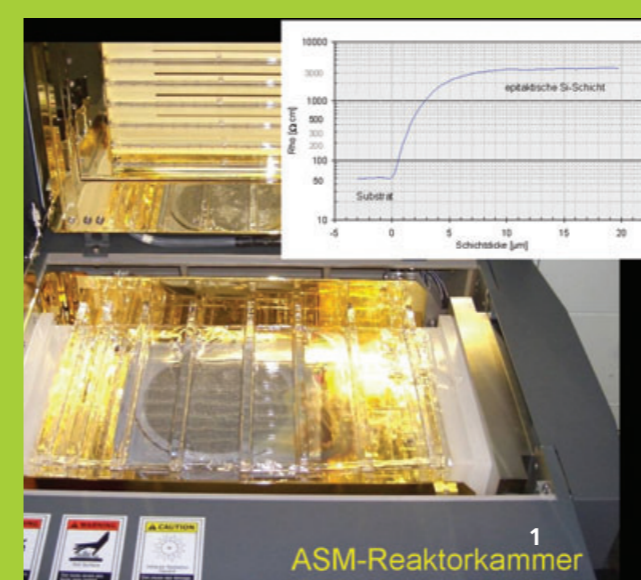
Das Fraunhofer IZM möchte sich für die sehr gute Kooperation innerhalb dieses Projektes mit der Fa. Infineon und die Unterstützung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) bedanken.

**Kontakt:**  
M. J. Wolf  
juergen.wolf@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403  
-606

1 3D Image Sensor Stack  
(Vorderseite)

2 Rückseite des Gesamt-  
systems

# SILIZIUMTECHNOLOGIE UND VERTIKALE SYSTEMINTEGRATION



## DIE ABTEILUNG

### Vertikale Systemintegration – VSI®

Die Abteilung besitzt eine langjährige Erfahrung in der Entwicklung und Optimierung von CMOS-kompatiblen Technologien für die Fertigung dreidimensional integrierter mikro-/nanoelektronischer Systeme (3D System on Chip-Integration). Durch die Verwendung fertig prozessierter Halbleitersubstrate bietet die VSI® dem Systemhersteller ein Maximum an Flexibilität. Mainstream-Technologien können auf kostengünstige Weise und unter Erreichung einer maximalen Dichte elektrischer Funktionalität miteinander kombiniert werden. Minimale Verdrahtungslängen und geringe parasitäre Verluste steigern die Performance des Gesamtsystems.

Die Prozessintegration neuer Materialien und Verfahren der siliziumbasierten Halbleitertechnologie wird in der 200mm FuE-Linie der Abteilung durch die Herstellung von Teststrukturen (z. B. zur Bewertung der Zuverlässigkeit) und einfachen Schaltungseinheiten unterstützt.

Ein weiterer Schwerpunkt der Abteilung ist die Entwicklung und Analytik von Si/SiGe-Epitaxieschichten (CVD-Verfahren) für innovative Anwendungen in der NEMS-Technologie und neue Integrationslösungen für photonische Systeme.

## TRENDS

Die Abteilung erarbeitet zusammen mit Ihren Kunden und Partnern aus Industrie und Forschung sowohl bilateral als auch in Verbundprojekten zukunftssträchtige und kosteneffektive Integrationslösungen (z. B. 3D System on Chip-Integration) für ultra-miniaturisierte Systeme.

Die Integrationstechnologien werden durch die Realisierung und Charakterisierung von Teststrukturen hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit bewertet.

Die Forschungsgruppen der Abteilung – Wafertechnologie, Prozess- und Designintegration und Funktionale Schichten – decken dabei die folgenden Themengebiete ab:

- 200mm CMOS-Prozesstechnik
- Spezifische Einzelprozessentwicklungen
- Through Silicon Via (TSV) Technologien
- 3D System on Chip-Integration
- Entwicklung von Teststrukturen und Gesamtprozessen
- Innovative Si- und SiGe-Technologien

In der durchgehenden FuE-Technologielinie der Abteilung werden sowohl auf Kundenwunsch spezifische hochinnovative Einzelprozesse entwickelt als auch kundenspezifische Bauelemente (z. B. Silizium-Detektoren) hergestellt und bei Bedarf eine Kleinserienfertigung angeboten.

## FORSCHUNGS-HIGHLIGHTS

### 3D System on Chip-Integration mit ICV-SLID-Technologie

Miniaturisierte Sensorknoten, die drahtlos untereinander kommunizieren, wurden mit weiterentwickelten 3D-Integrationstechnologien im Rahmen des EU-Projekts e-CUBES für verschiedene Anwendungen realisiert. Die Abteilung Si & VSI entwickelte seine auf Through Silicon Vias (TSV) basierende 3D System on Chip-Technologie ICV-SLID weiter, die Bestandteil der europäisch etablierten e-CUBES Technologieplattform ist ([www.ecubes.org](http://www.ecubes.org)). Zur heterogenen Systemintegration eines IC/MEMS-Stapels für den Automotive-Demonstrator des e-CUBES Projekts, ein Tire Pressure Monitoring-System (TPMS), wurden wesentliche Beiträge geleistet. Innerhalb definierter freier Flächen eines fertig prozessierten CMOS Top-ASICs wurden W-gefüllte TSV-Strukturen (3 µm x 10 µm, Ätztiefe 60 µm) realisiert. Zur Ätzung sämtlicher Intermetall-Dielektrika (Dicke 8 µm) wurde eine spezifische RIE-Ätzsequenz und für die Siliziumätzung ein optimierter DRIE-Prozess eingesetzt. Umverdrahtungen mit einer AlSiCu-Metallisierung auf Vorder- und Rückseite des gedünnten Top-ASICs sowie auf der Vorderseite des Bottom-ASICs definierten die Versorgungs- und Signalpfade. Die Prozessführung berücksichtigte dabei die Ergebnisse begleitender thermisch-mechanischer Simulationen. Mittels Chip-to-Wafer-Placement wurden die Top-ASICs auf den Bottom-ASIC Wafer platziert und in diesem Fall durch SnAg Microbump-Technologie mit Applizierung eines Underfillers elektrisch und mechanisch verbunden. In das ASIC integrierte Prozesskontrollmodule (PCM) zur elektrischen Charakterisierung der TSVs wiesen deren Funktionalität während und nach dem Aufbau des IC-Stacks nach. Systemtests zeigten volle Funktionsfähigkeit des ASIC-Stacks. Auf dem mechanisch stabilen 3D-integrierten IC Stack wurden die MEMS-Komponenten mit Hilfe einer Gold Stud Bump-Technologie aufgebaut.

### Hochintrinsic epitaktisch gewachsene Schichten

In Zusammenarbeit mit der Firma Evonik wird die Qualitätskontrolle von hochreinen Prozessgasen für die Halbleiterfertigung durchgeführt. Dazu werden hochintrinsic Schichten aus den zu untersuchenden Gasen in dem am Fraunhofer IZM im CMOS-Reinraum installierten Reaktor (ASM Epsilon 2000) epitaktisch gewachsen. Der spezifische elektrische Widerstand der Schichten wird tiefenabhängig mittels SRP (Spreading Resistance Probe) vermessen und ist ein Maß für im Gas vorhandene Verunreinigungen. Der dabei gemessene Widerstand entspricht im Fall von Monosilan Dotierstoffkonzentrationen kleiner  $3.8 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ .

Leitung:

Dr. P. Ramm

[peter.ramm@](mailto:peter.ramm@izm-m.fraunhofer.de)

[izm-m.fraunhofer.de](mailto:izm-m.fraunhofer.de)

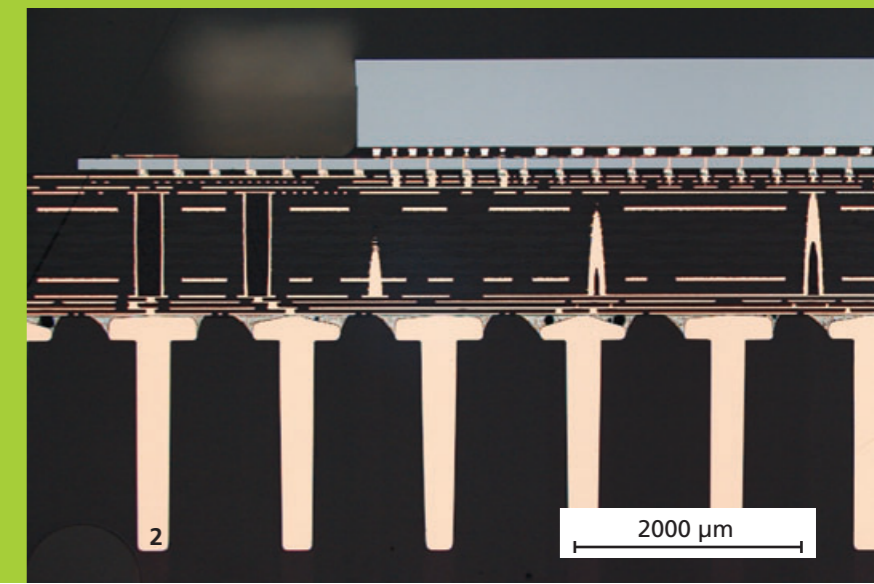
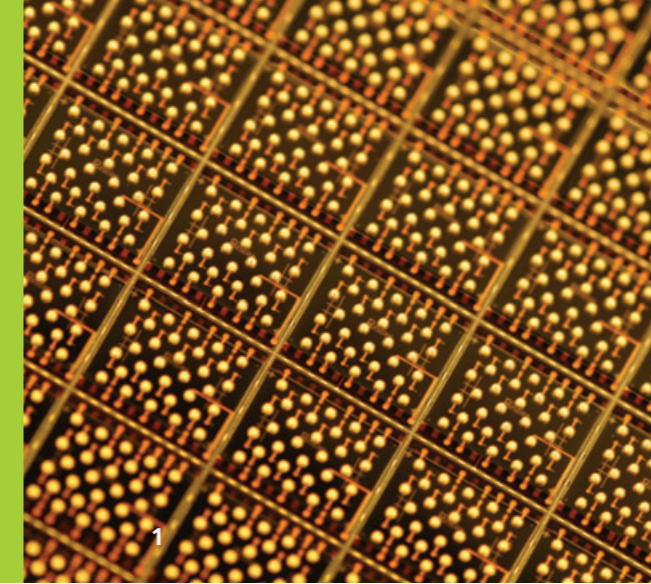
Telefon +49 89 54759

-539

1 Hochintrinsic epitaktisch gewachsene Schichten

2 3D System on Chip-Integration mit ICV-SLID-Technologie der e-CUBES Technologieplattform

# HIGH DENSITY INTERCONNECT AND WAFER LEVEL PACKAGING



## DIE ABTEILUNG

Die Zielsetzung der Abteilung HDI & WLP ist die Entwicklung und Anwendung von Dünnschichtprozessen für das Packaging von mikroelektronischen Systemen. Die technologischen Möglichkeiten basieren auf industriekompatiblen Geräten zur Dünnschichtbearbeitung in den Laborzeilen eines Reinraums mit 800m<sup>2</sup> Fläche. Die Abteilung arbeitet weltweit sowohl mit Herstellern und Nutzern von Mikroelektronik-Systemen als auch mit Reinraumgeräteherstellern und Materialentwicklern aus der chemischen Industrie zusammen.

Für Industriepartner und Auftraggeber werden in drei stets verfügbaren Technologiesäulen Forschungsarbeiten bis zum Prototyping oder zum Erhalt kleinerer Stückzahlen in den Bereichen Dünnschicht-Multilayer, Wafer Level-Umverdrahtung für CSPs und Wafer Level Bumping für die Flip Chip-Kontaktierung durchgeführt. Bearbeitbare Waferformate liegen im Bereich 100mm bis 200mm. Im Verbund mit unserem Standort in Dresden ist auch die Bearbeitung von 300mm Wafern möglich. Die angewandte Technologie kann transferiert und auf kundenspezifische Geräte übertragen werden.

### Kernkompetenzen

- 3D-Integration (Interposer, Through Silicon Vias (TSVs), Dünnschicht-Integration)
- Wafer Level CSP (Cu-Umverdrahtung, Polymer-Dielektrika, Package-Vereinzelung, Zuverlässigkeitsuntersuchungen)
- Wafer Bumping (Galvanische Abformung in Photoresist, Copper Pillars, Bumpmetalle Cu, Ni, Au; Lotlegierungen SnAg, AuSn, SnPb, Sn; optische Inspektion)
- Dünnschicht-Multilayer (Kundenspezifische Layoutanpassung, Mehrlagenverdrahtung, Chip First, Flip Chip)
- Mikroenergiesysteme (Wafer Level-Batterie, Mikrobrennstoffzellen, hermetische Verkapselung)

## TRENDS

### Aktuelle Entwicklungen

- Umverdrahtung zur Waferrückseite
- Durchkontaktierung in Silizium durch kupfergefüllte Vias
- Silizium Interposer
- Fine Pitch-Umverdrahtung und Spulen
- Chip on Chip Devices
- Dünnschicht-Integration
- Handling von dünnen Wafern mittels Support-Systemen
- Galvanische Abscheidung von Indium-Loten
- Nano-poröse Goldbumps
- Mikrogalvanische Abscheidungen von magnetischen Schichten für Spulen und Transformatoren
- Polymerschichten für Hochfrequenzanwendungen
- Aufbau von Ultra Fine Pitch-Pixeldetektoren
- 3D Packaging von Imagesensoren
- Autonome Energieversorgung für Mikrosysteme
- Integration von Folienbatterien in Wafer Level und auf Folien
- Beratungs- und Applikationszentren mit der Industrie

## FORSCHUNGS-HIGHLIGHTS

### TSV Interposer

Zwischenträger aus Silizium mit Durchkontaktierungen (TSV Interposer) bieten eine neue Möglichkeit der 3D Integration von Komponenten wie ASICs, Speicher oder MEMS. Das Fraunhofer IZM hat einen Prozess für die Herstellung von Interposern etabliert. Der Prozess beinhaltet die Herstellung von Durchgangslöchern aus Kupfer mittels galvanischer Abscheidung, die Herstellung von ultrafeinen Mehrlagenverdrahtungsstrukturen, die Handhabung und Prozessierung dünner Wafer sowie deren Bestückung mit Komponenten.

### Handhabung dünner Wafer

Das Fraunhofer IZM hat vielfältige Techniken zum temporären Halten dünner Wafer auf Trägerwafern etabliert, die eine hohe Kompatibilität zur Wafertopografie, Waferart und Art der Waferverarbeitung haben. Die verfügbaren Techniken sind hoch flexibel, um den dünnen Wafern optimale Unterstützung bei der Prozessierung zu geben.

### 3D Packaging von Imagesensoren

Eine neue Technologie, mit der Mikrokameras im Wafer Level-Maßstab hergestellt werden können, wurde entwickelt. Dazu wird der CMOS-Wafer auf einen Glaswafer geklebt und abgedünnt. Nach der Ankontaktierung durch die Rückseite mittels Through Silicon Vias werden Umverdrahtung und Bumps aufgebracht. Die Integration von Optik und Imagesensor wird durch Wafer Level Bonding im letzten Prozessschritt vor der Vereinzelung durchgeführt. Mit dieser Technologie können Mikrokameras mit einem Pitch von deutlich unter 1mm hergestellt werden.

### Dünnschicht-Integration

Die Integration von gedünnten Siliziumchips in eine Umverdrahtung auf einem funktionalen Basiswafer wurde getestet. Zwei unterschiedliche Fälle für den Aufbau wurden evaluiert: In einem ist der funktionale Basiswafer ein Wafer mit Beschleunigungs- oder Drehratensensoren, und die integrierten Chips sind die entsprechenden ASICs. Im anderen Fall dient ein ASIC-Wafer als Substrat, auf dem gedünnte Chips mit AMR-Sensoren in die Umverdrahtung integriert werden.

### Mikroreaktor zur Wasserstoffversorgung von Mikrobrennstoffzellen

Ein Aufbaukonzept für einen Mikroreaktor zur Erzeugung von Wasserstoff für die Versorgung von Mikrobrennstoffzellen wurde entwickelt. Es basiert auf der katalytischen Hydrolyse einer Natriumborhydrid-Lösung, welche dem Reaktor über eine Mikropumpe kontinuierlich zugeführt wird. Der Reaktor wurde durch vertikale Integration dreier strukturierter Borosilikatglas-Substrate in zwei Niedertemperatur-Polymerbondschritten realisiert.

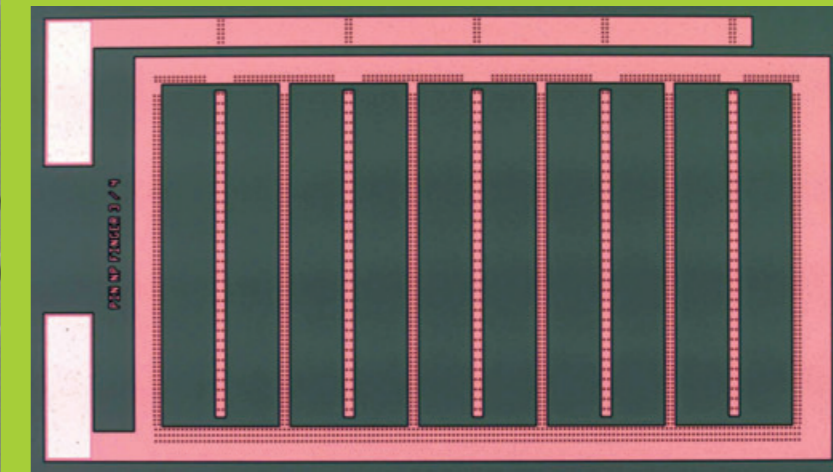
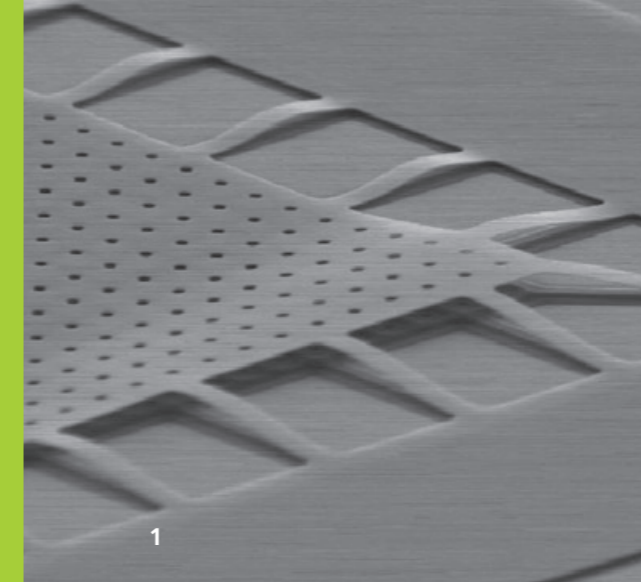
### Leitung:

O. Ehrmann  
oswin.ehrmann@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403  
-124

1 Dünnschicht-Integration:  
20µm dünne Chips, in die  
Umverdrahtungslage des  
Substratwafer eingebettet

2 Querschnitt durch einen  
3D-Aufbau eines Flip Chip-  
montierten Schaltkreises  
auf einem Si-Cu-TSV-  
Interposer, assembliert auf  
einem organischen Package

# NANO MATERIALIEN UND BAUELEMENTE



## DIE ABTEILUNG

In der 2009 neu gegründeten Abteilung werden gemeinsam mit der Industrie und anderen Forschungsinstituten innovative Komponenten für den MOTT-Ansatz (Multi-Functional On-Top Technologies for Standard Si and CMOS) definiert und entwickelt, mit denen es möglich ist, unterschiedliche Anwendungsfelder kompetent zu bearbeiten und damit zu einem interessanten FuE-Partner für die Industrie zu werden.

Die Technologieentwicklung soll konzeptionell in drei Bereichen abgebildet werden.

### Bauelementebereich

- Realisierung von aktiven Bauelementen, Sensoren und Aktoren

### Funktionalbereich

- Entwicklung von passiven Bauelementen und Systemkomponenten in den Verdrahtungsebenen

### Integrationsbereich

- Nachbearbeitung von Wafern, z.B. durch eine vertikale Systemintegration

Die Abteilung entwickelt dazu in Zusammenarbeit mit der Abteilung Siliziumtechnologie & Vertikale Systemintegration komplette siliziumbasierte Sensor- und Aktorsysteme mit den zugehörigen Auswerteschaltungen.

Ein weiterer Schwerpunkt der Abteilung ist die Einbindung neuartiger Materialsysteme in Standardtechnologien, wobei das thermische Budget so niedrig gehalten wird, dass ein Aufbringen auf fertig prozessierte Wafer möglich ist.

## TRENDS

Es ist innerhalb kürzester Zeit gelungen, das Kompetenzfeld »Strahlungsdetektoren« für einen großen Wellenlängenbereich abzudecken, und bereits jetzt ergeben sich daraus Synergien, die für alle beteiligten Partner von Vorteil sind.

In einem nächsten Schritt wird derzeit das Kompetenzfeld MEMS/NEMS (Micro/Nano Electro-Mechanical Systems) aufgebaut. Ehrgeizige Ziele sind hier die Entwicklung auf 200mm Wafern und die Kompatibilität mit CMOS-Prozessen. Startpunkt ist die Entwicklung von kostengünstigen MEMS-Mikrofonen zusammen mit der Industrie (EPCOS AG, BBM).

Ziel der Bemühungen in den nächsten Jahren wird es sein, für die erarbeiteten Anwendungsfelder nicht nur Sensoren und Einzelbauelemente zu entwickeln, sondern auch dedizierte Auswerteschaltungen und Verstärker zu konzipieren, die in CMOS-Technologie realisiert werden können. Diese können dann entweder monolithisch oder durch vertikale Systemintegration mit Sensoren und/oder Aktuatoren kombiniert werden.

Die neu eingegangenen langfristigen strategischen Kooperationen des Fraunhofer IZM in München mit den Firmen Siemens AG und der Firma KETEK GmbH im Bereich der Mikrosystemtechnik unterstützen diese Entwicklung.

## FORSCHUNGS-HIGHLIGHTS

### Strahlungsdetektoren

In einem ersten Schritt konzentrierten sich die Aktivitäten auf den Bereich Strahlungsdetektoren. Im Rahmen eines gemeinsamen Projekts mit der Helmholtz-Gemeinschaft wurden Pin-Dioden mit Szintillator für Röntgendetektoren hergestellt. Innerhalb kurzer Zeit gelang es dieses Spektrum deutlich zu erweitern. So wurde die Entwicklung von Röntgendetektoren für die chemische Analyse (SDD: Silizium-Drift-Detektoren) der Firma KETEK GmbH teilweise dem Fraunhofer IZM in München übertragen.

Ein weiteres Projekt in Zusammenarbeit mit der Firma KETEK GmbH, das die Entwicklung von hochempfindlichen Arrays von »Avalanche Photo Diodes (APD)« zum Ziel hat, wurde im Rahmen des bayerischen Mikrosystemtechnik-Programms genehmigt. Die Dioden sollen im sichtbaren Bereich des optischen Wellenlängen-Spektrums Empfindlichkeiten erreichen, die denen eines Photomultipliers entsprechen. Als Anwender für diese Bauelemente ist die Firma Siemens AG vorgesehen, die diese Bauelemente als Detektoren für die Positronen-Emissions-Tomographie einsetzen will.

### Transistoren

Im Rahmen des Bayerischen Mikrosystemtechnik-Programms wurde zusammen mit der Firma KETEK GmbH die Entwicklung von extrem rauscharmen JFET-Transistoren zur Verstärkung der Sensorsignale bei Strahlungsdetektoren begonnen. Diese Transistoren sollen in einem nächsten Schritt mittels der vertikalen Systemintegration mit Silizium-Drift-Detektoren der Firma KETEK GmbH verknüpft werden, um die Energieauflösung des Gesamtsystems zu verbessern und die Aufbau- und Verbindungstechnik zu vereinfachen.

### Nano Electro-Mechanical Systems (NEMS)

Untersuchungen für den Einsatz von SiGe Opferschichten zur Herstellung von NEMS wurden begonnen. Durch die selbstjustierende Integration von einem MOS-Transistor mit einer NEMS-Struktur könnten damit in der Zukunft eine Vielzahl neuartiger Sensorstrukturen realisiert werden.

### Leitung:

Prof. Dr. I. Eisele  
ignaz.eisele@  
izm-m.fraunhofer.de  
Telefon +49 89 54759  
-189

1 Freigestellte Membran  
nach Ätzen einer SiGe  
Opferschicht

2 Mikroskopbild einer  
Pin-Diode für Röntgende-  
tektoren

# FORSCHUNGS-CLUSTER MATERIALIEN, ZUVERLÄSSIGKEIT UND NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

// KERNKOMPETENZEN

---

## Micro Materials Center

Seite 62

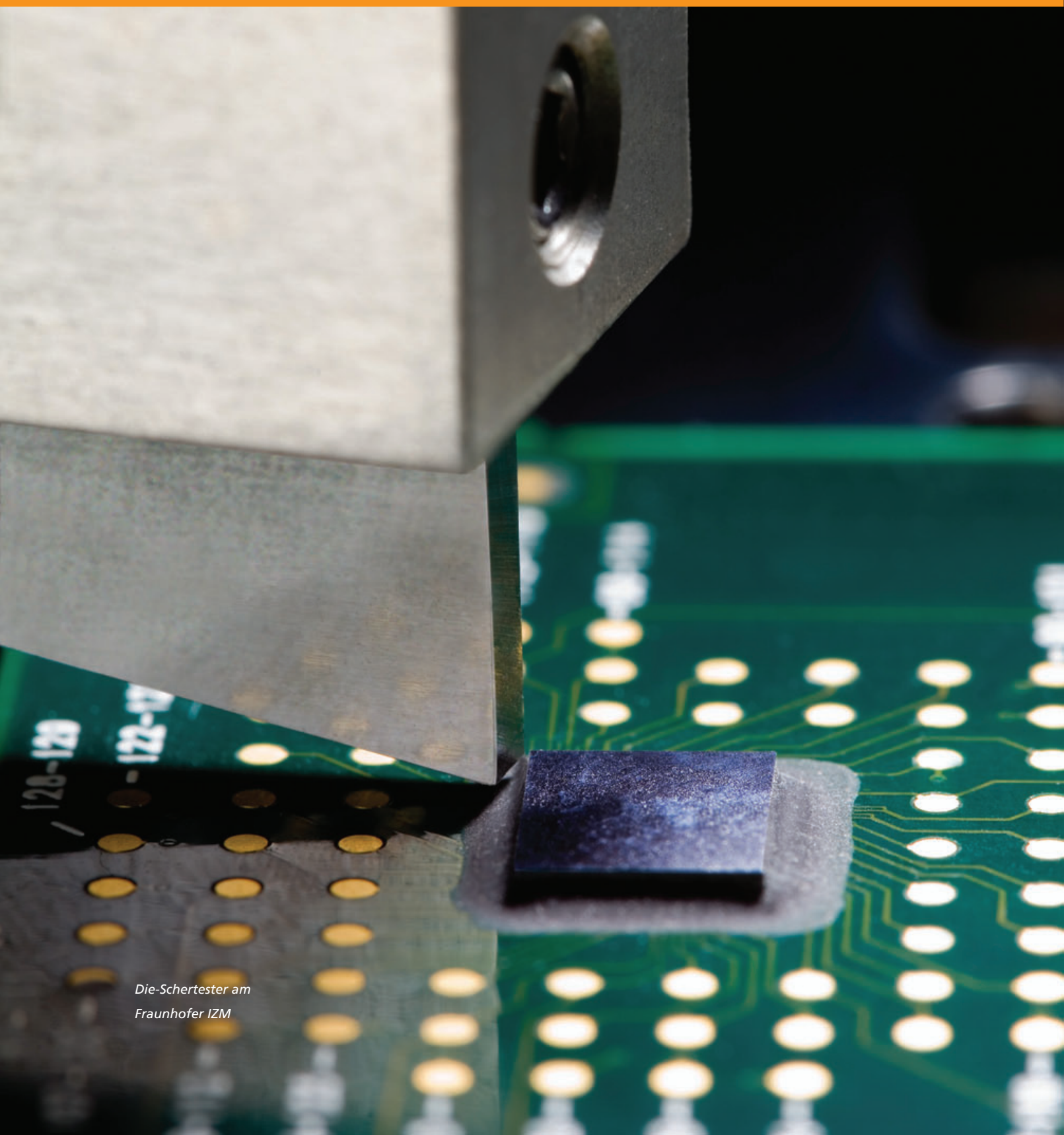
Leitung: Prof. Dr. B. Michel  
bernd.michel@izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 6392-3610

---

## Environmental Engineering

Seite 64

Leitung: Dr. N. Nissen  
nils.nissen@izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403-132



Die-Schertester am  
Fraunhofer IZM

# MATERIALIEN, ZUVERLÄSSIGKEIT UND NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

Zuverlässigkeit und Umweltverträglichkeit sind Eigenschaften, deren Bedeutung bei der Entwicklung elektronischer Baugruppen und Systeme in den letzten Jahren stark zugenommen hat. Das Fraunhofer IZM kombiniert schon seit der Gründung Forschung auf dem Gebiet der Zuverlässigkeit elektronischer Baugruppen sowie deren Umwelteigenschaften mit der Entwicklung neuer Technologien. So werden auf der Grundlage von Modellen zum Materialverhalten und zur mechanischen Zuverlässigkeit Zuverlässigkeitsbewertungen von Materialien bis hin zu Systemen durchgeführt. Dabei kommen neben Simulationsverfahren auch laseroptische, röntgenographische und werkstoffkundliche Untersuchungen einzeln und in Kombination zur Anwendung.

## HIGHLIGHT 2009

### Zuverlässigkeit elektronischer Systeme bei kombinierten Beanspruchungen

Mit zunehmender Miniaturisierung und Funktionsintegration werden elektronische Systeme komplexer. Anforderungen hinsichtlich Qualität und Zuverlässigkeit von Elektronik steigen, weil der vermehrte Elektroneinsatz die Ausfallwahrscheinlichkeit des Gesamtsystems um ein Vielfaches erhöht. Durch Integration der Elektronik in Maschinen und Anlagen steigen zudem die thermischen und mechanischen Belastungen. Hieraus resultiert ein großer Bedarf nach schnellen und sicheren Methoden zur Zuverlässigkeitsuntersuchung mit Berücksichtigung der Feldbedingungen.

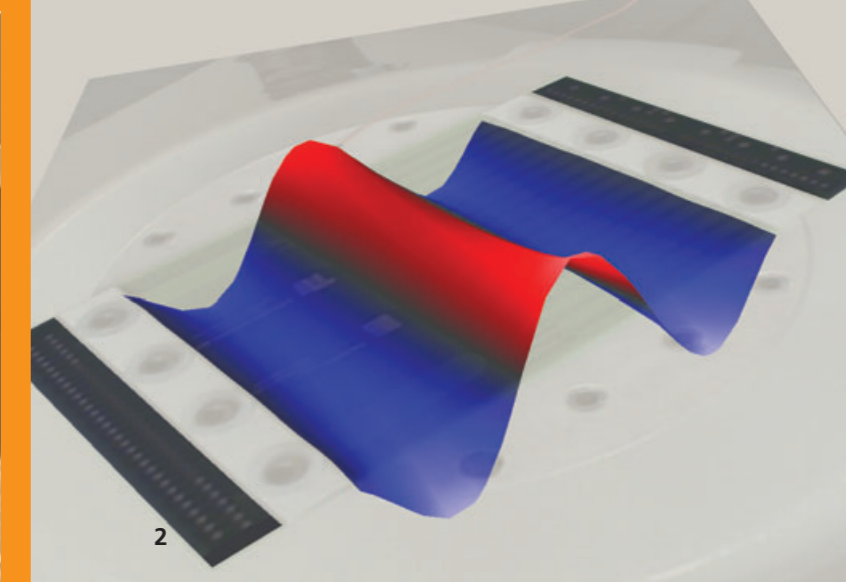
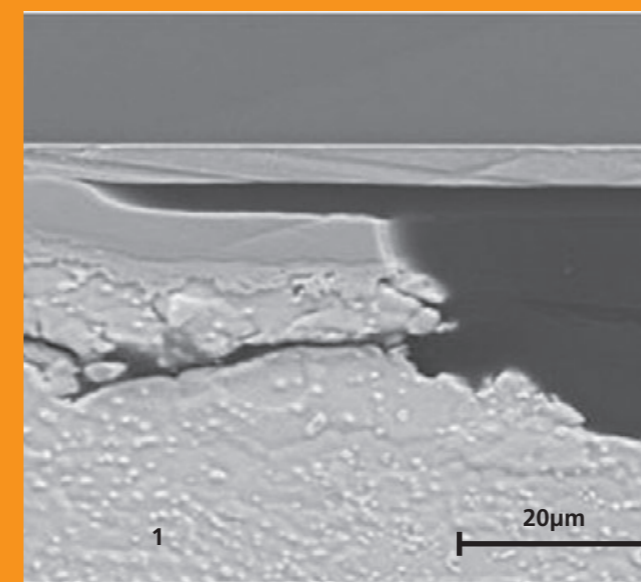
Im Feld treten Beanspruchungen wie Feuchte, Temperatur(-wechsel) und Vibration gleichzeitig auf. Ein aktueller Schwerpunkt der Forschungstätigkeiten am Fraunhofer IZM sind daher Zuverlässigkeitstests bei kombinierter Belastung.

### Modellbildung und Werkstoffverhalten bei kombinierten Beanspruchungen

Um robuste Systeme für den Einsatz unter wechselnder und kombinierter Last entwickeln zu können, ist ein grundlegendes Verständnis der Werkstoffeigenschaften, auftretender Fehlermechanismen und Einflussgrößen von wesentlicher Bedeutung. So wurden z. B. weit reichende Untersuchungen zum Einfluss von Feuchte und Temperatur auf die Werkstoffeigenschaften von Polymerwerkstoffen (Kleber, Verkapselungsmassen) durchgeführt und Modelle abgeleitet, die dieses Verhalten berücksichtigen. An Flip Chip-Lotverbindungen wurden Untersuchungen zum Materialverhalten unter dem Einfluss von Vibration und Temperaturwechsel durchgeführt. Dadurch lässt sich die Werkstoffauswahl und -entwicklung unterstützen. Des Weiteren gehen die Ergebnisse in Modelle und Berechnungsmethoden für die Bewertung und Entwicklung von Bauteilen ein. Jedoch treten durch die Kombination der Belastung Kopplungseffekte auf, die aufgeklärt werden müssen und Gegenstand laufender und weiterer Arbeiten sind.

### Versuchsstand für die Zuverlässigkeit- und Lebensdauerprüfung bei kombinierten Beanspruchungen

Zur Durchführung der kombinierten Testverfahren wird ein Teststand mit elektrodynamischem Shaker, Klimakammer und Scanning-Laservibrometer genutzt. Vibrationsprüfungen erfolgen standardmäßig durch Anregung einer sinusförmigen Schwingung oder durch ein Rauschprofil. Zur Untersuchung des Systemverhaltens können auch im Feld gemessene Beanspruchungsverläufe mit dem Shaker nachgebildet werden. Dabei kann u. a. geprüft werden, ob durch die Vibrationsbeanspruchung im Feld Eigenmoden des untersuchten Systems angeregt werden.



Die hochgenaue Schwingungsmessung erfolgt mit einem Scanning-Laservibrometer. Mittels Laservibrometrie können Geschwindigkeit, Weg und Beschleunigung gemessen werden. Dabei können mehrere Punkte auf Oberflächen nacheinander vermessen und das Schwingungsverhalten des Systems bestimmt werden. Das Schwingungsverhalten wird maßgeblich durch die Anregung und damit auch durch die Montage der Baugruppe auf dem Shaker beeinflusst. Die Versuchsvorbereitung beinhaltet daher auch die Simulation und Schwingungsmessung der Halterung.

Schwingungsanregung und Schwingungsmessung können in einer Klimakammer durchgeführt werden, sodass die Vibrationsbeanspruchung mit Feuchte und Temperatur(-wechseln) überlagert werden kann. Durch die Temperaturabhängigkeit der Materialeigenschaften können sich Resonanzfrequenzen des Systems wesentlich ändern und unter Feldbedingungen für das Ausfallverhalten der Baugruppen relevant werden. Mit dem Temperaturbereich von -70°C bis +180°C und einem Temperaturgradienten von bis zu 25 K pro Minute kann eine große Bandbreite von Feldbeanspruchungen und Testprogrammen umgesetzt werden. Die Versuche können durch optische (z. B. microDAC), elektrische und thermische (z. B. Thermographie) in-situ-Verfahren überwacht werden.

Neben der Zuverlässigkeits- und Lebensdauerprüfung ist der Versuchsstand auch für die zerstörungsfreie Analyse von Feldausfällen geeignet. Durch das Versagen von Verbindungen verändert sich auch das Schwingverhalten der Systeme. Zusätzliche Eigenmoden oder Änderungen der Eigenfrequenzen sind Hinweise auf eine Schädigung. Feldausfälle lassen sich so schnell und kostengünstig analysieren.

### Identifikation von Schwachstellen mit dem HALT-Testverfahren

Auch bei dem HALT-Testverfahren (Highly Accelerated Life Test) werden kombinierte Beanspruchungen aus Temperaturwechseln und Vibration verwendet. Ziel des Verfahrens ist es jedoch, schnell Schwachstellen im Design aufzudecken. HALT-Kammern können Temperaturgradienten größer 60 K pro Minute und Vibrationen bis 100 grms erreichen. Wesentlicher Bestandteile der HALT-Prüfung ist dann die Ausfallanalyse. Da eine HALT-Prüfung nur wenige Tage dauert, können schnell Maßnahmen zur Optimierung der Zuverlässigkeit der elektronischen Systeme eingeleitet werden.

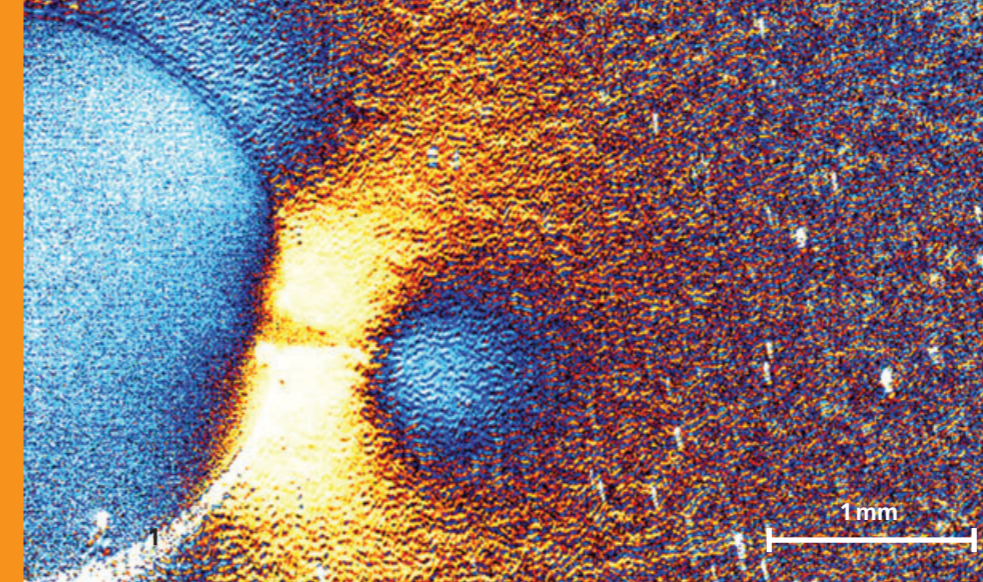
**Kontakt:**  
Olaf Bochow-Neß  
olaf.bochow-ness@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403  
-218

Dr. Olaf Wittler  
olaf.wittler@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 6392  
-8164

1 Untersuchung der Gefügeveränderungen bei einer Lotverbindung nach einem kombinierten Lebensdauer-test mit Temperaturwechsel und Vibration

2 Messung der Schwingungsamplitude mit dem Scanning-Laservibrometer während der kombinierten Prüfung mit Vibration und Temperatur





## DIE ABTEILUNG

Die Abteilung Micro Materials Center Berlin MMCB befasst sich mit Zuverlässigkeitsbewertung, Zuverlässigkeitsoptimierung von mikrotechnischen Aufbauten und Systemen im EU-CEMAN Reliability Keylab des European Center for Micro- and Nanoreliability.

Fragen der thermo-mechanischen und thermischen Simulation in Verbindung von modernen Messtechniken und Bewertung durch fortgeschrittenste Zuverlässigkeitskriterien und Tools stehen im Vordergrund:

- Rissanalyse und Rissvermeidung
- Thermomechanische Simulation
- Lokale Deformationsanalysen
- microDAC, FIBDAC, NanoRaman, EBSD
- Feuchtesensitives AFM
- Nanoindentation
- Kopplung von Mechanik, Thermik, Schwingungen, Feuchte, elektrischen Feldern
- Optimierung der Bauteilzuverlässigkeit
- Materialcharakterisierung und Simulation
- Zuverlässigkeit von Automobilelektronik
- Sensorik
- Sicherheit durch Zuverlässigkeit mit Mikrotechnologien

## TRENDS

Am MMCB werden modernste Konzepte der Zuverlässigkeitsbewertung (Design for Reliability) auf der Grundlage der Simulation in Verbindung mit fortgeschrittenen Experimenten (DOE, Design of Experiment) angewendet.

Folgende Ziele werden verfolgt:

- Verbindung von Zuverlässigkeit und Sicherheit
- Physics of Failure-Analyse
- Langzeitzuverlässigkeit
- Komplexe Belastungen und Monitoring
- Grauwertkorrelationsmethoden in der Mikrotechnik (microDAC, FIBDAC, RamanDAC, nanoDAC)
- Zuverlässigkeit, Produktfälschung, Sicherheit durch Mikrotechnik
- Zuverlässigkeit Packaging-Aufbauten
- Zuverlässigkeit für Solarmodule
- Zuverlässigkeit für Mikromodule in der Medizin
- Zuverlässigkeit im Mikro-Nano-Übergangsbereich
- Zuverlässigkeit für Clean Technologies

## FORSCHUNGS-HIGHLIGHTS

### Kombinierte Belastungsprüfung und beschleunigte Tests

Mikrosysteme werden zunehmend unter extremen Umweltbedingungen, die einzeln oder kombiniert auftreten können, eingesetzt. Um hier robuste Systeme entwickeln zu können, ist ein grundlegendes Verständnis der auftretenden Fehlermechanismen und Einflussgrößen von Bedeutung. Somit bildeten Untersuchungen zum Einfluss der Kombination verschiedener Belastungsgrößen einen Schwerpunkt der Forschung. In der InnoProfile-Nachwuchsforscherguppe TeSiMat unter Leitung von Dr. Olaf Wittler konnten hier im neuen Labor »Keylab Reliability Testing« weit reichende Ergebnisse zur Schadensentwicklung in Polymeren unter der Kombination von Feuchte, Temperatur und Vibration erzielt werden.

### Molekulardynamische Simulation

Die Simulation im Nanometerbereich wurde einen entscheidenden Schritt weitergebracht. Durch die Entwicklung und Optimierung eines Vernetzungsalgorithmus können nun atomare Modelle erstellt werden, die ein dreidimensionales Netzwerk repräsentieren. Für Epoxidharze, die z.B. als Kleber oder Verkapselungsmaterial dienen, können so mit Hilfe molekulardynamischer Simulationen Trendaussagen für bestimmte Materialeigenschaften getroffen werden oder auch physikalische Phänomene untersucht werden, die auf dieser Größenskala experimentell kaum zugänglich sind. Die Integration solcher atomaren und molekularen Simulationen mit kontinuumsmechanischen Methoden (FEM) wird im Rahmen des EU-Projektes Nanointerface betrieben.

### Werkstoffcharakterisierung

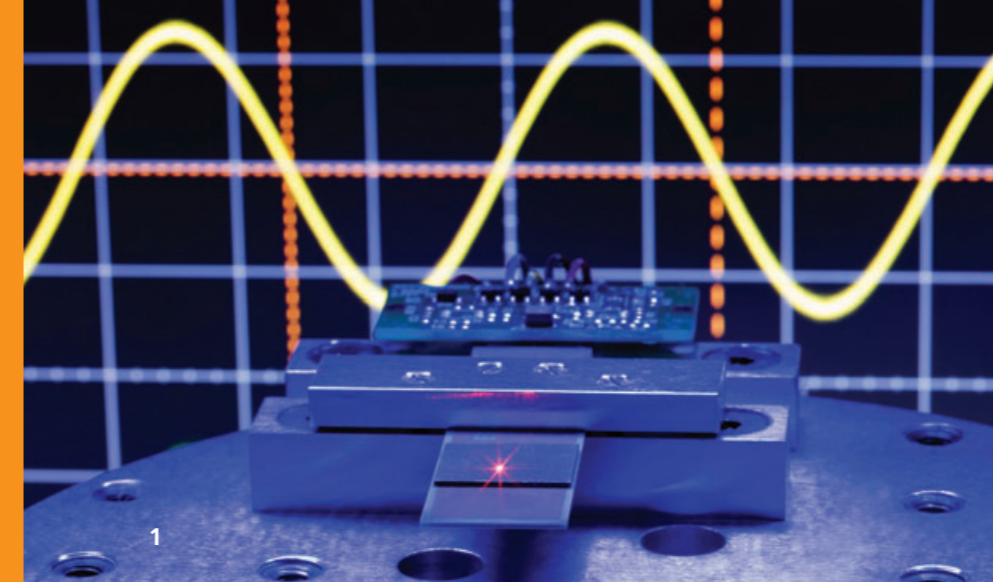
Gemeinsam mit der Uni Witten wurden experimentelle Methoden zur Bewertung der Haftfestigkeit von Verbundwerkstoffsystemen an endodontisch behandelten Zähnen entwickelt und erfolgreich angewendet. Bei diesen Zähnen wurden neben den Wurzelkanalfüllungen, Wurzelstiftsysteme mit unterschiedlichen Oberflächenstrukturen und -behandlungen eingesetzt. Durch den Einsatz von Glasfaserstiften können die restaurativ behandelten Zähne wieder mechanisch belastet werden. Die Untersuchungen zeigen, dass neben den eingesetzten Faserwerkstoffen und deren Befestigungskomposit die Anwendung von Spüllösungen wesentlich zur Verbesserung des Haftverbundes beiträgt.

Leitung:

Prof. Dr. B. Michel  
bernd.michel@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 6392  
-3610

1 Lokalisierung der Riss-  
spitze mittels Phasenbild  
( $\Delta a \sim 5 \mu m$  Auflösung)

# ENVIRONMENTAL ENGINEERING



## DIE ABTEILUNG

Das Ziel der Abteilung Environmental Engineering ist es, in Ergänzung zur technologischen Entwicklung im Hause gleichermaßen wettbewerbsfähige wie ökologische und zuverlässige elektronische Innovationen zu gestalten. Dies muss maßgeblich in der frühen, immer kürzer werdenden Entwicklungsphase der Produkte umgesetzt werden. Hierzu bietet die Abteilung einerseits vereinfachte Screening-Verfahren für die schnelle Umweltbewertung und andererseits Verfahren zur frühzeitigen Identifizierung von Schwachstellen und Optimierung der Zuverlässigkeit im Entwurf in Verbindung mit der Absicherung der Verfügbarkeit von Elektronik durch Zustandsbestimmung in der Nutzung.

Die Ergebnisse sind »nachhaltigere« Produkte, die entweder über verringerte Umweltauswirkungen oder durch optimierte Nutzung und integrierte Ausfallvorhersagen Wettbewerbsvorteile am Markt erwarten lassen.

Entsprechend den genannten Forschungsfeldern gliedert sich die Abteilung in die Bereiche

- Umweltbewertung und -optimierung mit Themen wie Ressourceneffizienz, Schadstoffreduzierung und Elektronikrecycling sowie
- Zustandsüberwachung und nachhaltige Produktlebenszyklen mit Condition Monitoring insbesondere durch Parametermessung, Ausfallmodelle und Zustandsindikatoren für Elektronik.

Darüber hinaus werden die Aktivitäten zur Aus- und Weiterbildung sowie zur Nachwuchsförderung durch die Abteilung koordiniert.

## TRENDS

Immer größere Bereiche der Industrie und der Politik nehmen grüne Themen auf – von Green IT über grüne Elektroautos bis zu umfassenderen gesetzlichen Regelungen für elektronische Produkte.

Durch die Klimaschutzdebatte sind die Aspekte Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Freisetzung (Carbon Footprint) in den Vordergrund von Anfragen und Aufträgen getreten.

Darüber hinaus besteht in der Elektronikindustrie auch weiterhin viel Handlungsbedarf jenseits der Energieeinsparung: bei weiteren Schadstoffsubstitutionen, beim Ersatz knapper Ressourcen und auch vermehrt wieder bei Fragen der Optimierung eines global organisierten Recyclings. Die intensivere Nutzung von Geräten durch vorhersagende Wartungs- und Ausfallmodelle trägt ebenfalls zur Ressourceneinsparung bei.

Für Systeme, für die eine langfristige Verfügbarkeit garantiert werden muss, beispielsweise Elektronik im Verkehrswesen, im Maschinenbau oder im Energiesektor, sind mittlerweile integrierte mikroelektronische Monitoringsysteme in Entwicklung.

Über den gesamten Lebensraum eines Produktes gesehen, werden in Zukunft seine Zuverlässigkeit, sein Ressourcenbedarf und seine Umweltauswirkungen immer mehr an Bedeutung gewinnen und über den Markterfolg bestimmen.

## FORSCHUNGS-HIGHLIGHTS

### IKT-Studie für das Bundeswirtschaftsministerium veröffentlicht

In einer Studie für das BMWi wurde gemeinsam mit dem Fraunhofer ISI der Stromverbrauch aller Informations- und Kommunikationstechnologie-Produkte in Deutschland hochgerechnet und bis 2020 mit technologischen Trends fortgeschrieben. Danach betrug der IKT-bedingte Stromverbrauch in Deutschland bereits im Jahr 2007 etwa 55 Mrd. kWh. Das entspricht 10,5 Prozent des gesamten Jahresstromverbrauchs. Selbst mit absehbaren Effizienzgewinnen ist laut Studie bis 2020 eine Steigerung um 20 Prozent auf jährlich 67 Mrd. kWh zu erwarten. Neben den Zuwächsen im Heimbereich – verursacht durch größere Bildschirme – wurde auch die Entwicklung von Rechenzentren und den Übertragungsnetzwerken dargestellt. In diesen Bereichen ist die veröffentlichte Datenlage noch immer lückenhaft, aber die Hochrechnungen zeigen eine starke Zunahme durch eine Vervielfachung des Übertragungsvolumens. Treiber sind die Zuwächse durch Audio- und Videodaten wie aber auch Milliarden kleiner Informationspakete.

### Neues Innovationscluster gestartet

Im Fraunhofer Innovationscluster MRO (Maintenance, Repair and Overhaul in Verkehr und Energie) werden gemeinsam mit weiteren Forschungspartnern und mit der Industrie Projekte der Vorlaufforschung, Kooperationsprojekte und Industrieprojekte durchgeführt.

Die Abteilung Environmental Engineering bearbeitet im Innovationscluster MRO die Themen:

- Zuverlässigkeit von Reparaturverfahren und Aufarbeitungskonzepten für elektronische Baugruppen
- Modelle zur Ausfallprognose für Elektroniken
- Planung der Langzeitverfügbarkeit von Elektronik
- Energieversorgung durch Energy Harvesting für autonome Systeme zur Zustandserfassung
- Mikrosysteme zur integrierten Zustandsdiagnose von Baugruppen und Erzeugnissen

Maintenance, Repair und Overhaul mit Fokus auf (Leistungs-)Elektronik wird zunehmend wichtiger, weil die Menge und der Wertschöpfungsanteil von Elektronik in langlebigen Produkten stetig zunehmen. Die Elektronikintegration erschließt neue Anwendungen und Geschäftsmodelle und unterstützt damit den Trend, Einnahmen aus dem technischen Service dauerhaft zu steigern und Konjunkturzyklen des Neugeschäfts zu kompensieren.

Fernwartung, zustandsabhängige Ausfallvorhersagen und möglichst keine Wartungsvorfälle außerhalb geplanter Wartungszyklen können nur mit zusätzlicher Elektronik realisiert werden. Ein Teil der Elektronik selbst wird künftig auch durch Condition Monitoring überwacht werden.

Leitung:

Dr. N. Nissen

nils.nissen@

izm.fraunhofer.de

Telefon +49 30 46403

-132

<sup>1</sup> Charakterisierung von Energy Harvestern: neben den technischen Parametern werden zunehmend Langzeitverfügbarkeit und Umweltfragen relevant

# FORSCHUNGS-CLUSTER SYSTEMDESIGN

// KERNKOMPETENZEN

---

## System Design & Integration

Seite 70

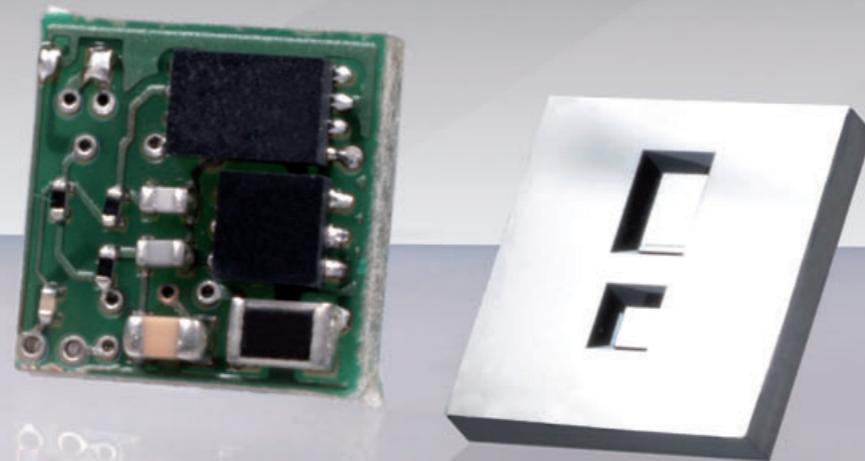
Leitung: Dr. S. Guttowski  
stephan.guttowski@izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403-632

---

## Mikromechanik, Aktorik und Fluidik

Seite 72

Leitung: Dr. M. Richter  
martin.richter@izm-m.fraunhofer.de  
Telefon +49 89 54759-455



*Hochminiaturisierte Ansteuer-  
schaltung zur Erzeugung von  
+- 150V für eine Pumpe auf Basis  
einer Piezokeramik*

# SYSTEMDESIGN

Bei hoch integrierten Systemen kann das Design nicht mehr unabhängig von der Technologie und die Technologieentwicklung nicht mehr losgelöst vom elektrischen Verhalten erfolgen. Der Begriff Co-Design beschreibt die auf einander abgestimmte Zusammenarbeit von Technologie und Design. Die Stärke des Fraunhofer IZM liegt in der Kombination von exzellenter Technologieentwicklung und elektrischen, thermischen und mechanischen Modellierungs-, Simulations- und Analysetechniken. Im Bereich des elektrischen Designs liegt der Fokus auf der Erforschung von EMV- und HF-Aspekten (parasitäre Effekte) und der praktischen Umsetzung in Technologieempfehlungen. Gleichzeitig schlägt das Fraunhofer IZM mit dem Systemdesign die Brücke zum aufnehmenden System.

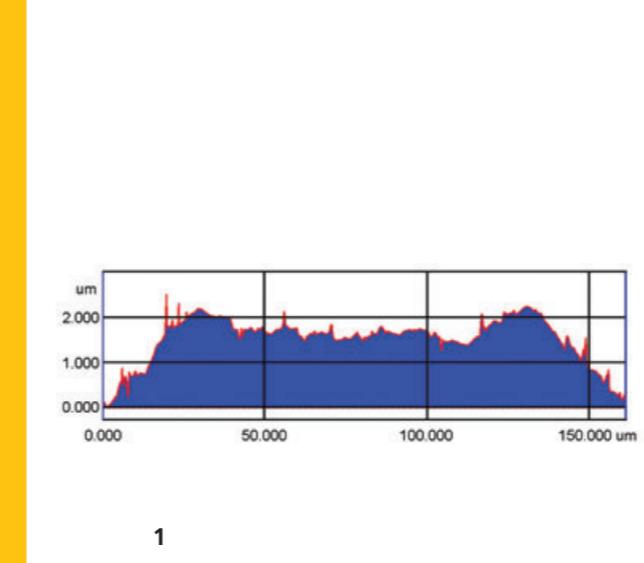
## HIGHLIGHT 2009

### Optimaler Entwurf mikroelektronischer Systeme

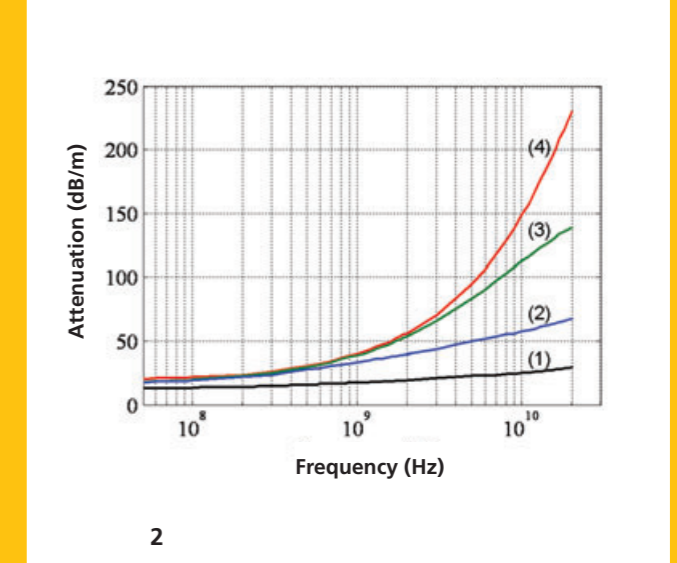
Um der steten Nachfrage nach miniaturisierten mikroelektronischen Systemen mit immer vielfältigerer Funktionalität gerecht zu werden wird die Integrationsdichte der Systeme ständig erhöht. Dazu werden verschiedene Techniken eingesetzt, unter anderen: kompakte Platzierung heterogener Bauelemente (z. B. HF, Digital, Sensoren) in Packages und auf der Leiterplatte; Verwendung von Verbindungsleitungen mit kleineren Querschnitten und Abständen; Anwendung von fortgeschrittenen 3D-Integrations- und Chip-Stapelmethoden (Stacking). Diese hochdichte Integration geht einher mit der Nutzung des Millimeter- bzw. Quasimillimeterbereichs. Daraus können Probleme bzgl. der elektromagnetischen Zuverlässigkeit (EMZ) bzw. Verträglichkeit (EMV) entstehen wie mangelhafte Signal- bzw. Power-Integrität oder elektromagnetische Interferenz (EMI). Daher sind zuverlässige Entwurfsregeln bzw. -maßnahmen wichtig, welche auch den Einfluss der Aufbau- und Integrationstechnologien bei den hohen Arbeitsfrequenzen berücksichtigen. Sie müssen schon in der Pre-Layout-Phase eingesetzt werden, also zu Beginn des Entwurfszyklus. Zu diesem Zweck haben wir ein umfassendes Vorgehen für den System-Entwurf entwickelt, den M3-Ansatz (Methodologie, Modelle, Maßnahmen).

Das Ziel des M3-Ansatzes besteht darin, die Begrenzungen herkömmlicher Entwurfsmethoden zu überwinden, die häufig noch mit »Versuch und Irrtum« arbeiten. Wir sind folgendermaßen vorgegangen:

1. Unter Verwendung von elektromagnetischer Feldtheorie, Hochfrequenz- und Schaltkreistheorie haben wir eine Methodik für die effiziente und akkurate Modellierung der benutzten Packaging-Strukturen unter Berücksichtigung der entsprechenden Technologien einschließlich der Fertigungstoleranzen entwickelt. Bei den Arbeitsfrequenzen im Quasimillimeterbereich ist insbesondere auf parasitäre Effekte zu achten, wie parasitäre Leitungsgrößen (Kapazitäten o. ä.) oder ungewollte Wellenausbreitung (z. B. Oberflächenwellen). Abhängig von der Komplexität der Strukturen wird statische, quasi-statische oder Vollwellensimulation eingesetzt. Aus den Ergebnissen werden Schaltkreismodelle entwickelt, die nach den geometrischen und technologischen Einflussgrößen parametrisiert sind.
2. Experimentelle Validierung der extrahierten Modelle: Hierzu steht uns eine umfangreiche Technologie zur Herstellung von Messobjekten und ein auf dem neuesten Stand befindliches Messlabor zur deren Charakterisierung zur Verfügung.
3. Aus den Resultaten dieser theoretischen und experimentellen Forschungen entwickeln wir zuverlässige Entwurfsregeln und -maßnahmen. Da sie bereits zu Beginn des Entwurfszyklus



1



2

greifen, ersparen sie zeitraubende und kostspielige Redesign-Iterationen. Als Folge werden Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit erhöht, »Time-to Market« aber wird reduziert.

Der geschilderte M3-Ansatz wurde schon in einer ganzen Reihe von Forschungsprojekten für den Entwurf von Systemkomponenten angewandt. Beispiele sind Komponenten der Signal- und Spannungsversorgung wie Verbindungsleitungen, Durchkontaktierungen, Through Silicon Vias (TSVs), Bonddrähte, Flip Chip-Verbindungen, Spannungs- und Masse-Ebenen, ins Substrat integrierte Wellenleiter, Rauschunterdrückungsstrukturen wie EBGs (Electromagnetic Band Gaps) und IPRS (Interconnected Patch-Ring Structures), eingebettete Antennen und Filter.

Im Folgenden werden wir den M3-Ansatz an Hand eines Beispiels etwas ausführlicher erläutern. Abbildung 1 zeigt eine koplanare Verbindungsleitung mit erheblicher Oberflächenrauigkeit und nicht-idealem Querschnitt. Die Koplanarleitung wurde mit einem maskenlosen Druckverfahren hergestellt. Die Oberflächenrauigkeit ist im Vergleich zur Leiterdicke erheblich. Bei hohen Frequenzen ist die Skineindringtiefe vergleichbar mit der Tiefe der Oberflächenrauigkeit. Daher mäandriert der Strom durch die »Berge und Täler« der Rauigkeit, was den Widerstand erhöht. Die Situation verschärft sich dadurch, dass die Kanten des Leiters sehr spitzwinklig sind, wodurch sog. Kanteneffekte entstehen. Dazu kommt ein starker Proximity-Effekt, der durch die Nachbarleiter hervorgerufen wird. Er »zieht« den Strom in die Kanten. Bei steigender Frequenz verstärken sich Skin-, Proximity- und Kanteneffekt. Auch die Oberflächenrauigkeit der Masseleitungen, die als Rückstrompfad dienen, muss berücksichtigt werden; hier treten dieselben Effekte auf wie bei der Signalleitung.

Um diesen Effekten schon in der Pre-Layout-Phase Rechnung zu tragen, entwickelten wir ein akkurates elektrisches Modell. Der Querschnitt des trapezförmigen Signalleiters wird diskretisiert und die Widerstände, Induktivitäten und Gegeninduktivitäten werden für jeden Stromfaden (Filament) berechnet. Dasselbe geschieht für die Flanken der beiden Masseleiter. Für alle drei Leiter wird ein Leiternetzwerk konstruiert. Danach wird die Matrix aus den ermittelten Gegeninduktivitäten aufgestellt. Selbst- und Gegeninduktivität sowie Widerstände werden mittels bekannter Formeln errechnet. Zur Berücksichtigung der Oberflächenrauigkeit wurden die äußeren Stromfäden mit einem erhöhten Widerstand beaufschlagt. Für diese Erhöhung haben wir einen systematischen Algorithmus implementiert. Dadurch besitzen Leiter und Rückleiter inhomogene Leitfähigkeiten. Das Modell wird dann mittels eines Computers berechnet. Die gewonnenen Ergebnisse stimmen hervorragend mit den entsprechenden Messwerten überein.

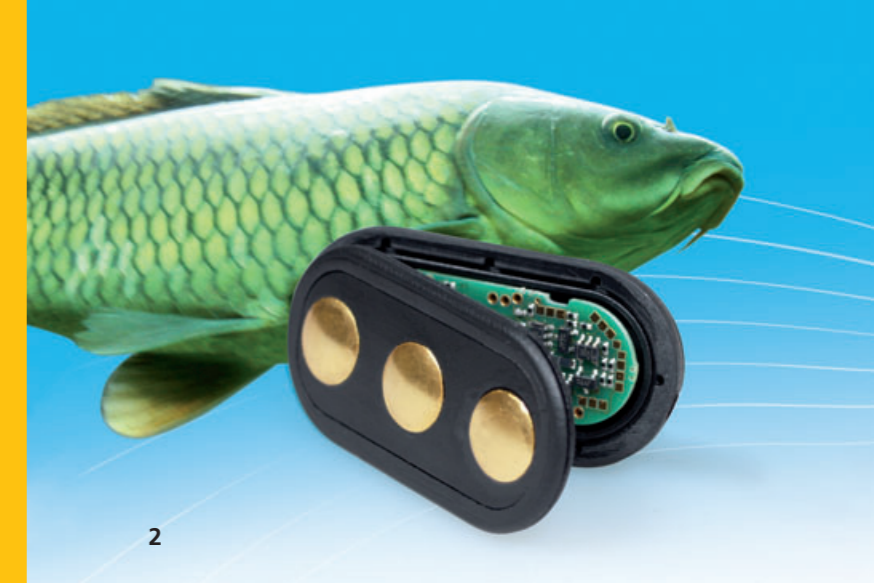
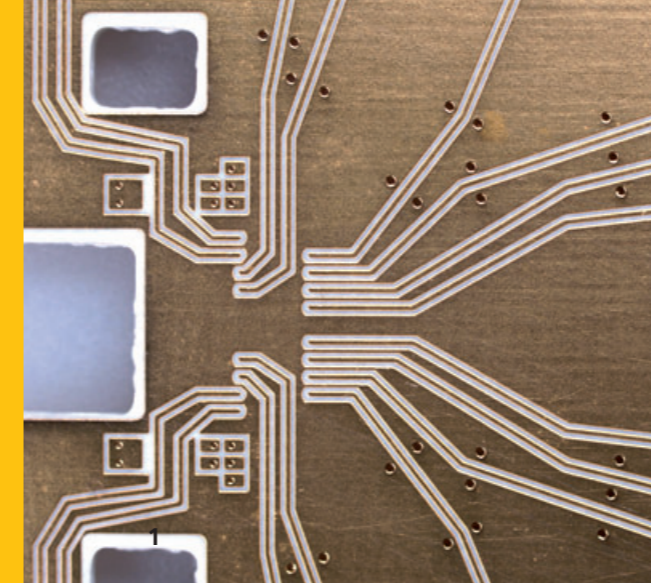
Mit Hilfe der vorgestellten Stromfäden(Filament)-Methode konnten die verschiedenen Verlustmechanismen getrennt und Maßnahmen zu ihrer Minderung entwickelt werden.

**Kontakt:**  
Dr. I. Ndip  
ivan.ndip@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403  
-679

1 Höhenprofil des Signalleiters einer gedruckten Koplanarleitungsstruktur

2 Quellen der Verluste in einer Koplanarleitungsstruktur, (1) Skin-Effekt in rechteckigem Leiter ohne Rückleiter, (2) Skin-Effekt und Proximity-Effekt in idealer Koplanarleitung, (3) Skin-Effekt und Proximity-Effekt in trapezförmiger Koplanarleitung, (4) Skin-Effekt und Proximity-Effekt in trapezförmiger Koplanarleitung mit Oberflächenrauigkeit

# SYSTEM DESIGN & INTEGRATION



## DIE ABTEILUNG

Die Abteilung System Design & Integration hat die Aufgabe, die technologieorientierte Systemkompetenz des Fraunhofer IZM zu bündeln. Im Fokus stehen dabei Methodiken und Werkzeuge für den zielgerichteten Entwurf von Systemen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik sowie der Leistungselektronik.

Dabei besteht das wesentliche Ziel in der Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen für einen den Entwicklungsprozess in jeder Phase der Produktentstehung begleitenden Simulation der unterschiedlichen Phänomene elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer, aber auch thermischer und mechanischer Kopplungen. Diese multiphänomenale Systembeschreibung führt zu einem integrierten Entwurfsprozess, der die Kopplungseffekte berücksichtigt und eine auf technologischen Parametern basierende Funktions-, Volumen-, Zuverlässigkeits- und Kostenanalyse beinhaltet.

Die Forschungsschwerpunkte der Abteilung liegen in den Bereichen der Mikroelektronik- und Mikrosystementwicklung mit einem applikationsorientierten Fokus auf drahtlosen Sensorsystemen, Package-Entwurf und Package-Charakterisierung, HF- und High Speed-Systementwurf sowie auf EMV und dem Packaging leistungselektronischer Systeme.

## TRENDS

Die Forschungen in der Abteilung System Design & Integration verdeutlichen die zunehmend notwendige Konvergenz der Arbeiten auf den bisher getrennt betrachteten Gebieten System- und Technologiekompetenz.

Für autonome Mikrosysteme ist die zuverlässige Bestimmung der notwendigen Größe des Energiespeichers die Entwurfsentscheidung schlechthin. Die optimale Ausnutzung der im Speicher verbliebenen und der in der Umwelt vorhandenen Energie sind hier Gegenstand derzeitiger und zukünftiger Forschungsarbeiten.

Im Bereich der Entwurfsautomatisierung sind Werkzeuge zu realisieren, die das Layout von 3D-Systemen in Package deutlich beschleunigen. Zukünftig wird es hier um die Integration der neu entwickelten Technologien in die entwickelten Werkzeuge gehen.

Aus den zunehmend sehr hohen Signalfrequenzen ergeben sich besondere Herausforderungen an den Entwurf. Der Einsatz des modellbasierten M3-Ansatzes wird hierfür verstärkt durch industrielle Partner nachgefragt, um neue und bessere Lösungen zu finden.

In der Leistungselektronik werden zukünftig noch mehr als bisher Fragestellungen der Aufbau- und Verbindungstechnologien die bestimmenden Randbedingungen für die Realisierung neuer Systeme setzen.

## FORSCHUNGS-HIGHLIGHTS

### Mikroelektronik- und Mikrosystemtechnik

Die grundlegenden Forschungsarbeiten zum Einsatz von bistabilen Displays in autarken Systemen wurden abgeschlossen und Applikationsarbeiten dazu begonnen. Beim Hardware/Software Co-Design lag der Fokus auf der Minimierung des Energieverbrauchs. Die Aktivitäten im technologieorientierten Produktdesign waren auf die Multifunktionalität und Robustheit von miniaturisierten autarken Multisensoren gerichtet. Aufgrund des Mangels an Designwerkzeugen für 3D-SIP ist eine Komponentenplatzierung für diese Systeme heute zeitaufwändig. In Kooperation mit dem Fraunhofer ITWM wurde ein Werkzeug zur automatisierten Platzierung mithilfe einer multikriteriellen Optimierung-Engine entwickelt.

### HF- und High Speed-Systeme

Im Bereich der elektrischen Modellierung für die elektromagnetische Zuverlässigkeit wurden neue Methoden entwickelt. Das Adapted Filament Model wurde eingesetzt, um Leitungen mit Oberflächenrauigkeiten und nicht-rechteckigem Querschnitt akkurat zu modellieren, unter Berücksichtigung von Kanten-, Skin- und Proximity-Effekten. Neue TSV-Konfigurationen, die auf dem Prinzip von Koaxialleitungen basieren, wurden vorgeschlagen, um die Einflüsse von verlustbehaftetem Silizium auf Signalübertragung zu vermeiden. Die elektromagnetische Feldverteilung in der Umgebung von 24 GHz-Antennen wurde mit Hilfe von elektromagnetischen 3D-Feld-Simulationen untersucht.

### Leistungselektronische Systeme

Mit der Entwicklung von hoch redundanten Umrichtern für schnelle Aktuatoren in der Luftfahrt sowie der Entwicklung von Pedelecs wurden neue Gebiete adressiert. Kompetenzen in der Programmierung von Umrichterregelungen und der Charakterisierung von elektrischen Maschinen ergänzen diese Ausrichtung. Ebenfalls neu initiiert wurden Aktivitäten in der Piezoenergie-wandlung für elektro-rheologische Anwendungen in Sport-, Industrie- und Kfz-Dämpfern, netzgespeiste Geräte in der Lichttechnik und Stromversorgungen sowie für LED und Handy-Ladegeräte. Hinzu kam der ASIC-Entwurf von Power-Control-ICs, wobei ein universeller ASIC für Resonanzkonverter fertiggestellt wurde.

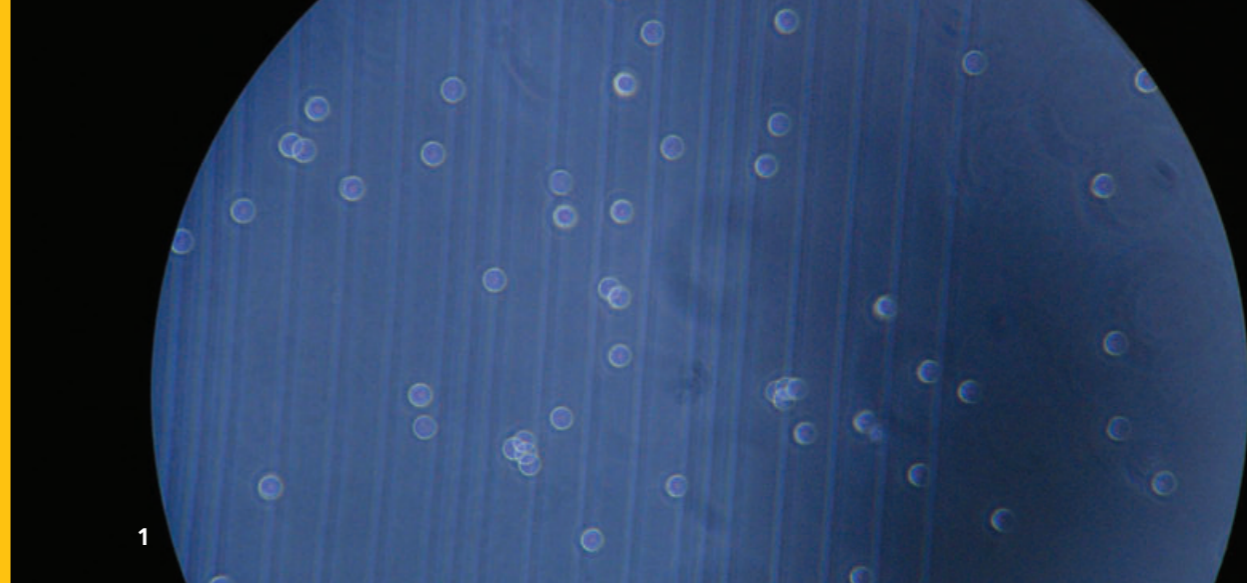
Leitung:

Dr. S. Guttowski  
stephan.guttowski@  
izm.fraunhofer.de  
Telefon +49 30 46403  
-632

1 HF-Board mit differentiellen Leiterbahnstrukturen zum Test von optischen 40 GBit/s Transceiver-Modulen

2 Autarker mehrkanaliger Funksensor zur Implantierung in Fischen

# MIKROMECHANIK, AKTORIK UND FLUIDIK



## DIE ABTEILUNG

Die Abteilung Mikromechanik, Aktorik und Fluidik legt ihren Schwerpunkt auf die Entwicklung von Lösungen für die Handhabung kleiner Mengen an Flüssigkeiten oder Gasen. Mikrofluidische Komponenten können für eine Vielzahl von industriellen Anwendungen umgesetzt werden.

Elf Experten (davon acht Ingenieure oder Physiker) und 20 Studenten der Abteilung führen das Design, die Simulation und den Test von mikrofluidischen Komponenten durch. Die Abteilung hat auf diesem Gebiet mehr als 15 Jahre Erfahrung, was die Umsetzung optimaler Lösungen bei den einzelnen Anwendungen sicherstellt.

Die Kernkompetenz der Abteilung ist die Entwicklung von Mikropumpen, Mikrodosiersystemen, Mikromischern, Mikroventilen, Mikroreaktoren und Strömungssensoren und deren Kombination für den Einsatz in der Biotechnologie, der Chemie und der Medizin und anderen Anwendungsfeldern.

## TRENDS

Derzeit werden folgende Schwerpunkte gesetzt: Die industrielle Fertigung von Silizium-Mikropumpen wird zusammen mit dem Unternehmen Tronics aus Grenoble aufgebaut. Dabei werden Anwendungen u.a. in der Labortechnik, Medizintechnik und bei Brennstoffzellen adressiert.

Neue kostengünstige Fertigungsplattformen (Mikrospritzguss, Metallverarbeitung) für mikrofluidische Aktoren sind zusammen mit Industriepartnern im Aufbau. Auf der Komponentenseite liegt der Schwerpunkt auf Verbesserung von Zuverlässigkeit, Dosiergenauigkeit und Anwendungssicherheit, u.a. durch Integration von Free Flow-Schutz, Bubble Point-freie Filter und Dosierüberwachung in die Mikropumpenmodule.

Zunehmend werden auch komplette Systeme, inklusive Elektronik, Sensorik und Systemsteuerung für unterschiedliche Anwendungen entwickelt.

Eine neue Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit Aktorik für das Tissue Engineering, z.B. mit dem schonenden Ablösen von Zellen durch Megaschall oder dem Aufschluss von Bakterien.

## FORSCHUNGS-HIGHLIGHT

### Pump Cube

Piezoelektrisch angetriebene Mikrofluidaktoren wie Mikropumpen benötigen Ansteuererelektroniken, die sowohl bezüglich Bauvolumen miniaturisiert sind als auch einen sehr geringen Energieverbrauch haben. Die am Fraunhofer IZM entwickelte neuartige Ansteuererelektronik setzt hier sowohl bezüglich Baugröße als auch Energieverbrauch neue Maßstäbe und ermöglicht in Verbindung mit den IZM-Siliziummikropumpen völlig neue Anwendungen mit integrierten autarken Mikrofluidaktoren.

### Beschreibung

Der PumpCube stellt die Verbindung der Standard-Siliziummikropumpe von 7x7x1 mm<sup>3</sup> mit einer Ansteuererelektronik von 7x7x4 mm<sup>3</sup> und einer Batterie dar. Es wird somit ein Bauvolumen von gerade 1,5 cm<sup>2</sup> mit Batterie und 0,6 cm<sup>2</sup> ohne Batterie erreicht. Die Elektronik ist direkt über der Mikropumpe angeordnet und wird mit dieser über Kontaktfedern elektrisch verbunden. Für den autarken Einsatz mit einer Batterie verfügt die Elektronik über eine Schaltung zur Energierückgewinnung, wodurch die Mikropumpe mit einer minimalen Leistung von nur 30 mW betrieben werden kann.

### Technische Daten

<b>Pump Cube</b>	0,6 cm <sup>3</sup> ohne Batterie
<b>Material</b>	PCB oder PEEK
<b>Elektronik</b>	7 x 7 x 4 mm <sup>3</sup>
<b>V<sub>in</sub></b>	3,7 VDC
<b>I<sub>in</sub></b>	10 mA (typ.) @ 80 Hz
<b>V<sub>out</sub></b>	+100 V / -40 V @ 80 Hz
<b>Leistung</b>	min. 30 mW

### Entwicklungsstand

Die entwickelte Elektronik ist adaptiv aufgebaut und kann für eine Vielzahl von Ansteuersignalen ausgelegt werden. Für den Einsatz mit der ebenfalls am Fraunhofer IZM entwickelten Hochleistungspumpe wird die Elektronik zurzeit auf höhere Signalpegel bis zu ± 500 V ausgelegt.

Leitung:

Dr. M. Richter

[martin.richter@](mailto:martin.richter@izm-m.fraunhofer.de)

[izm-m.fraunhofer.de](mailto:izm-m.fraunhofer.de)

Telefon +49 89 54759

-455

1 Zellen in der Neubauer-Zellkammer



# VERANSTALTUNGEN

---

Events & Workshops

Seite 76

---

Messeaktivitäten

Seite 79

---

Nachwuchsförderung

Seite 80

## EVENTS & WORKSHOPS

### **Trends in der Systemintegration: Zuverlässigkeitstests bei kombinierter Belastung**

Trends in der Systemintegration – unter diesem Motto lud das Fraunhofer IZM im September 2009 zu einer zweitägigen Veranstaltung nach Berlin.

Die Zukunft in der Mikroelektronik/MST gehört in Europa dem Aufbau kundenspezifischer Lösungen und der Integration nicht-digitaler Funktionselemente, wie etwa Sensorik oder Leistungselektronik. Damit rückt das Electronic Packaging in den Mittelpunkt des Interesses. Welche Technologien stehen hier zur Auswahl? Welche Entwicklungen sind zu erwarten? Und schließlich, welche Technologie ist die richtige für mein Unternehmen? Um diese aktuellen Fragen ging es am ersten Tag der Veranstaltung. Am Vormittag präsentierten IZM-Wissenschaftler den aktuellen Stand der Technik in der Systemintegration auf Substrat- und Wafer-ebene, am Nachmittag wurden diese Themen in parallel laufenden Workshops wieder aufgegriffen und vertieft, zusätzlich gab es Workshops zum Systemdesign und zur Zuverlässigkeitsbewertung.

Was genau sind die aktuellen Zuverlässigkeitsanforderungen an elektronische Systeme? Wie werden derartige Systeme geprüft und qualifiziert? Mit dem diesjährigen Schwerpunktthema »Zuverlässigkeitstests bei kombinierter Belastung« wurde am zweiten Tag genau dieses Thema behandelt.

Am Nachmittag stand ein ganz besonderes Highlight auf dem Programm: Die Eröffnung des neuen Electronics Condition Monitoring Labors am Fraunhofer IZM. Hiermit können am Institut kombinierte Belastungen aus Temperatur(-wechsel), Feuchte und Vibration nachgebildet und in den Forschungsarbeiten zur Zuverlässigkeitsbewertung berücksichtigt werden.

### **Portugiesischer Präsident zu Besuch am Fraunhofer IZM**

Portugal und Fraunhofer wollen künftig eng zusammenarbeiten. Kernstück dieser Kooperation wird ein neues Fraunhofer-Zentrum in Porto. In diesem Zusammenhang besuchte der portugiesische Staatspräsident Anbal Cavaco Silva am 5. März Fraunhofer, Europas größte Organisation für angewandte Forschung. In diesem Besuch integriert war auch eine Führung im Rolle-zu-Rolle-Labor am IZM-Institutsteil in München. Der Präsident ließ sich von Prof. Karlheinz Bock Beispiele für flexible Elektronik (Sensoren auf Folie) sowie für die 3D Systemintegration auf Wafern und deren mögliche Anwendungen zeigen und erläutern.



### **Buenos días, Senor Castro! Informationsaustausch zwischen Kuba und Fraunhofer IZM**

Bei einem mehrstündigen Besuch in Berlin haben sich der wissenschaftliche Berater des Kubanischen Staatsrats, Prof. Fidel Castro Díaz-Balart, und die Institutsleitung des Fraunhofer IZM über eine mögliche europäische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Systemintegration ausgetauscht. Der Atomphysiker und seine vierköpfige Delegation interessierten sich v.a. für die Fraunhofer-Expertise in der Mikro- und Nanotechnologie. Insbesondere die Packaging-Technologien für biomedizinische Anwendungen wurden intensiv diskutiert.

### **Lange Nacht der Wissenschaften am Fraunhofer IZM**

Forschung erleben und das für die ganze Familie – so etwas gibt es nur auf der Langen Nacht der Wissenschaften. Am Fraunhofer IZM erfuhren die über 500 Besucher dabei alles, was sie schon immer über RFID wissen wollten. Nachdem man herausgefunden hatte, ob RFID z. B. auch unter Wasser funktioniert, konnte man handfeste Anwendungen der Technologie selbst ausprobieren, etwa als Spiel in Form eines elektronischen Scrabble-Bretts, das sämtliche Spielelemente miteinander vernetzt oder in Form eines Scanners, der den Frischegrad von Fleisch optisch und in wenigen Sekunden ermitteln kann. Im Industriepark des Wedding Standort konnte man außerdem an einem Suchspiel teilnehmen, bei dem man via GPS und GSM einen frei beweglichen »Mr. X« finden musste, der die technischen Feinheiten des Hauses erklärte. Ergänzt wurden die Aktivitäten des Fraunhofer IZM durch die beeindruckende Roadshow des Fraunhofer-Trucks.

### **Erster Elektronik Ecodesign Congress**

Rund 100 Teilnehmer besuchten im Oktober 2009 in München den 1. Elektronik Ecodesign Congress. Der Kongress und die begleitende Ausstellung zu den Themen »grüne« Elektronik und dem Ökodesign elektronischer Produkte wurden vom Fraunhofer IZM in Kooperation mit der Fachzeitschrift Elektronik organisiert. Neben Informationen zu neuen Materialien,

der Entwicklung und Konstruktion umweltfreundlicher Elektronikprodukte, dem Recycling und der Wiederverwendung widmete sich die Veranstaltung besonders intensiv dem Thema Energieeffizienz. Denn für die meisten Elektronikprodukte gilt: Die in der Nutzungsphase benötigte elektrische Energie ist verantwortlich für den größten Teil der negativen Umweltauswirkungen, der sparsame Umgang mit Energie schont also die Umwelt. Hochkarätige Referenten und Aussteller boten Lösungen zu aktuellen Entwicklungsproblemen und wertvolle Hilfestellung.

### **Weiterbildungsseminar zu autarken Funksensoren**

In Potsdam Babelsberg fand am 29. Oktober 2009 ein vom Fraunhofer IZM, der TU Berlin und dem AMA Fachverband für Sensorik e.V. organisiertes Weiterbildungsseminar zur Vermittlung grundlegender Kenntnisse im Bereich autarker Funksensoren statt. Im Mittelpunkt der Veranstaltung standen das Design und die Technologien für die Fertigung derartiger Funksensoren. Wegen des großen Zuspruchs wird das Seminar, ergänzt um die Themen Energy Harvesting und energieminierte Funkkommunikation, im April 2010 wiederholt werden.

### **Chemisch Silber – zuverlässige Oberflächen für die nächste Leiterplattengeneration**

Rund 35 Experten aus Industrie und Wissenschaft trafen sich am 17. November am Fraunhofer IZM um sich über die Möglichkeiten der Oberflächenmetallisierung mit chemisch Silber zu informieren. Die Mischbestückung aus CoB, Flip Chip und SMD nimmt stetig zu, doch universell einsetzbare Finish-Metallisierungssysteme für all diese Technologien sind am Markt kaum verfügbar. Mit chemisch Silber (Immersion Ag) gibt es eine robuste und preiswerte Alternative für COB-Anwendungen. Bei den Workshop-Teilnehmern stießen besonders die Verwendung von chemisch Silber als Oberflächenfinish und die relevanten Technologien (Löten und Kleben auf chemisch Silber, Au-TS-Drahtbonden, Verkapselung) auf großes Interesse und wurden bis in die Abendstunden lebhaft diskutiert.





### IZM-Forscher stellten aus beim Tag der offenen Tür im BMBF

Am 22. und 23. August fand zum 11. Mal der Tag der offenen Tür der Bundesregierung statt – erstmals unter Beteiligung von Wissenschaftlern des Fraunhofer IZM.

Im Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) konnten Besucher sich über aktuelle Entwicklungen des Fraunhofer IZM informieren: »E-motion« hieß das interdisziplinäre Projekt des Instituts für Mode und Textildesign der Universität der Künste Berlin, zu dem Wissenschaftler des Fraunhofer IZM ihr technologisches Know-how im Bereich der Aufbau- und Verbindungstechnik beigesteuert haben.

Gezeigt wurde die Integration von Elektronik und Mikrosystemen in Textilien und Mode, die es ermöglichen, biometrische Daten des Körpers und ein Spektrum an Emotionen sichtbar werden zu lassen – interaktive Mode als Kommunikationsmittel, als »zweite Haut«. Präsentiert wurde an diesem Wochenende unter anderem ein interaktiver Mantel mit dehnbaren LED-Stripes, zu dem die IZM-Wissenschaftler die integrierte Sensorik beigesteuert haben.

<sup>1</sup> Bundesbildungsministerin Annette Schavan informiert sich beim Tag der offenen Tür des BMBF über in Textilien integrierte Elektronik

#### Auswahl weiterer Veranstaltungen unter Beteiligung des Fraunhofer IZM 2009

<b>Fraunhofer-Innovationsclusters »Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) in Energie und Verkehr«</b>	März 2009, Berlin
<b>Safety and Security Conference</b>	Juni 2009, Potsdam
<b>Tag der offenen Tür im BMBF</b>	August 2009, Berlin
<b>Workshop Autarke Funksensoren</b>	Oktober 2009, Potsdam
<b>Workshop Microfluidics for Cells</b>	Oktober 2009, München
<b>Workshop Lowering the Cost of MEMS and Sensors Fabrication and Assembly</b>	November 2009, München
<b>Forum be-flexible</b>	November 2009, München
<b>Dialogforum Bildung, Wissenschaft, Nachhaltigkeit</b>	November 2009, Berlin
<b>Workshop Chemisch Silber</b>	November 2009, Berlin

## MESSEAKTIVITÄTEN

Das Messejahr 2009 startete für das Fraunhofer IZM in Hannover. Auf dem IVAM-Gemeinschaftsstand zeigte es eine kleine aber feine Auswahl seiner FuE-Palette. Neben der viel beachteten Sensorintegration für ein Industriegetriebe zur Verschleißmessung an Simmerringen sowie der weltkleinsten Siliziummikropumpe wurde ein Filterprinzip demonstriert, das ungewollte Ableitströme bei Hochleistungsmotoren reduziert.

Auf der SMT in Nürnberg stand der Messeauftritt wiederum ganz im Zeichen der Zuverlässigkeit. Auf großes Interesse stießen die kombinierten beschleunigten Zuverlässigkeitstests, die eine realitätsnahe Abbildung von Belastungen und damit verlässliche Aussagen über die Lebensdauer elektronischer Systeme gestatten. Befürchtungen, die kritische Wirtschaftslage könnte sich auf die Besucherzahlen auswirken, bestätigten sich nicht: die Nachfrage stieg im Vergleich zum Vorjahr um 20 Prozent.

Zur Illustration seiner Kompetenzen im Halbleiterbereich war das Institut außerdem Partner am Semicon-Stand des Fraunhofer-Verbands Mikroelektronik. Besondere Beachtung fanden hier u. a. kupfergefüllte Durchkontaktierungen und elektrostatistische Träger zur Prozessierung extrem gedünnter, flexibler Wafer. Ausgesprochen heimisch fühlten sich die Kollegen der Projektgruppe ASSID (All Silicon System Integration). Sie werden in Dresden das gleichnamige Zentrum für das 3D Wafer Level Packaging und das Wafer Stacking eröffnen.

Nicht minder erfolgreich verlief das Pendant der Leiterplatten- und Baugruppenfertigung – die Productronica. Gemeinsam mit weiteren Fraunhofer-Instituten zeigte das IZM seine gesamte Leistungspalette in der Systemintegration, etwa Technologien für multifunktionale, starre und flexible Leiterplatten, 3D- und Einbetttechnologien sowie die Breite aller derzeit möglichen Aufbau- und Verbindungstechniken.

#### Auswahl der Messeaktivitäten des Fraunhofer IZM 2009

<b>Hannover Messe</b>	April 2009, Hannover
<b>SMT</b>	Mai 2009, Nürnberg
<b>Semicon Europe</b>	Oktober 2009, Nürnberg
<b>Productronica</b>	November 2009, München

# NACHWUCHSFÖRDERUNG

Schon seit mehreren Jahren engagiert sich das Fraunhofer IZM für die Förderung des technischen Nachwuchses. Für die Rekrutierung der schlauesten Köpfe setzt das Institut verstärkt auf eine duale Berufsausbildung. Hierbei können drei anerkannte Berufe in den Bereichen Technik und Verwaltung erlernt werden.

Im Rahmen des Berliner Ausbildungsverbundes für Mikrotechnologen können außerdem externe Auszubildende ein mehrmonatiges Praktikum am Fraunhofer IZM absolvieren.

Darüber hinaus bietet das Fraunhofer IZM jungen Menschen in unterschiedlichen Veranstaltungen einen Einblick in die Ausbildungs- und Studienmöglichkeiten für technische Berufe.

## Schülerbesuch zur Berufsorientierung

Im April 2009 erhielten zehn Schülerinnen und Schüler einer 9. Klasse des Gottfried-Keller-Gymnasiums aus Charlottenburg-Wilmersdorf einen Blick »hinter die Kulissen« der Forschung. Die Jugendlichen besuchten unterschiedliche Labore am Institut, u.a. das vom Fraunhofer IZM gemeinsam mit der Bundesdruckerei betriebene Security Lab, das neu eingerichtete Labor zur Abschätzung der Produktlebensdauer und den Reinraum. Den inhaltlichen roten Faden stellte dabei ein Produkt dar, das den Besucherinnen sehr vertraut war – das Handy. Woraus besteht eigentlich ein Handy? Was ist nötig, damit immer mehr Funktionen in ein so kleines Gerät hineinpassen? Was haben der Schaltungsentwurf und das Antennendesign mit der Größe des Handys zu tun? Und wie trägt die Arbeit der Wissenschaftler dazu bei, Bauteile stromsparender und umweltfreundlicher zu machen und bei ihrer Fertigung weniger Ressourcen zu verbrauchen? Diesen und anderen Fragen der interessierten Schülerinnen und Schüler stellten sich die IZM-Forscher und gaben den Jugendlichen auch die Möglichkeit, selber Handys zu demontieren und sich das Innenleben einmal genau anzuschauen.

## 9. Girls' Day: Schülerinnen auf Entdeckungstour

Auch in diesem Jahr lud das Fraunhofer IZM an den Standorten Berlin und München im Rahmen des neunten Girls' Day technikinteressierte Schülerinnen im Alter von 11 bis 14 Jahren dazu ein, sich einen Einblick in die wissenschaftliche Arbeit des Instituts zu verschaffen. Ziel war es, die Mädchen bezüglich ihrer Zukunftsperspektiven in Studium und/oder Beruf für technische bzw. techniksnahe Bereiche zu begeistern.

In Berlin standen folgende Themen auf dem Programm:

- Was macht ein Wissenschaftler? Fraunhofer IZM-Forscher berichteten aus der Praxis
- Wie bringt man ein Abendkleid zum Leuchten? Anhand verschiedener Beispiele wurde gezeigt, wie Elektronik in die Kleidung kommt
- Wie funktioniert eine elektronische Schaltung? Hier durften die Besucherinnen selbst aktiv werden und sich ein elektronisches Teelicht basteln

Am IZM-Standort in München gehören Veranstaltungen speziell für Mädchen das ganze Jahr über zum Angebot. Unter dem Motto »Woher kommen eigentlich Mikrochips?« konnten die Mädchen zum diesjährigen Girls' Day im institutseigenen Reinraum selber Hand anlegen. Nach einer Begutachtung der Wafer – Ausgangsmaterialien für mikroelektronische Bauteile – konnten die Mädchen die Siliziumscheiben zu Mikrochips sägen und diese als Andenken mit nach Hause nehmen.



1



2

## Talent Take Off - Nachwuchstalente zu Besuch am Fraunhofer IZM

»Talent Take Off – Start ins Studium«, unter diesem Motto beteiligten sich ca. 20 Schülerinnen und Schüler der 11. bis 13. Klasse Anfang August an einem Kurs zur Vorbereitung auf ein naturwissenschaftliches oder technisches Studium in Berlin.

»Talent Take Off« ist ein neues Begabtennetzwerk für Schülerinnen und Schüler sowie Studierende und ist Teil des »Nationalen Pakts für Frauen in MINT-Berufen«. MINT steht für die Bereiche Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Zum Abschluss ihres Berlinaufenthalts besuchte die Gruppe das Fraunhofer IZM, um sich in zwei Fachlaboren einen Einblick in die Welt der Aufbau- und Verbindungstechnik zu verschaffen. Im Optiklabor hieß es: »Und, schon mal gespleißt?« Bei diesem Verbindungsverfahren der Optoelektronik kontaktierte ein Teil der Jugendlichen mit viel Fingerspitzengefühl Lichtwellenleiter und lernte dadurch, welche aufwändige Technik in Geräten steckt, mit denen man z. B. den Frischegrad von Fleisch ermitteln kann. Die hierbei relevante Fluoreszenz wurde durch einen Versuch mit Gummibärchen demonstriert.

Spannend wurde es auch für all jene, die sich für die Montage von Flip Chips entschieden hatten. Was sich mittlerweile in nahezu jedem elektronischen Produkt befindet, gelangt erst durch komplexe Verfahren auf die Leiterplatten von Handy & Co. Mittels eines Fineplacers setzten die Schüler selber winzigste Kondensatoren, montierten Chips mit Spezialkleber und bekamen ein Gefühl dafür, was industrielle Bestückmaschinen in wenigen Hundertstel Sekunden realisieren können. Am Ende des Tages hieß es schließlich: »Hut ab! Forschung kann ja spannend sein wie ein Krimi.«

## Nachwuchsaktivitäten am Institutsteil München des Fraunhofer IZM

Der Institutsteil München ist seit 2009 Partner im »Nationalen MINT-Pakt – mehr Frauen in die MINT-Berufe«. Das Vorhaben »Mäta« im Rahmen dieser BMBF-Initiative koordiniert regionale Mädchentechnik-Aktivitäten im südbayerischen Raum mit dem Ziel, gemeinsam mit Schülerinnen, Studentinnen und Auszubildenden den ersten bayerischen Mädchentechnikkongress an der Hochschule Kempten vorzubereiten und durchzuführen. Fachlicher Schwerpunkt sind die Mikrosystemtechnik, optische Technologien und Nanotechnologien.

Am Institutsteil in München werden Schülerinnen und Studentinnen als Multiplikatorinnen ausgebildet, die auf dem für September 2010 geplanten Kongress Workshops für Schülerinnen im Alter von 10 bis 16 Jahren anbieten werden. Schulen, Unternehmen sowie weitere Organisationen aus der Region Allgäu werden in die Münchner Aktivitäten eingebunden. Die ersten ausgewählten jungen Frauen erprobten ihre Kompetenzen im Rahmen des jährlich stattfindenden Mädchenferienpraktikums »Die intelligente Milchtüte«.

1 / 2 Nachwuchstalente  
beim Fraunhofer Talent  
Take-off an der Flip Chip-  
Linie des Fraunhofer IZM



## FACTS & FIGURES

Das Fraunhofer IZM in Fakten und Zahlen	Seite 84
Auszeichnungen	Seite 86
Vorlesungen, Editorials	Seite 88
Dissertationen, Best Paper-Auszeichnungen	Seite 89
Mitgliedschaften	Seite 90
Kooperationen mit der Industrie	Seite 92
Publikationen	Seite 94
Patente und Erfindungen	Seite 98
Fraunhofer IZM Kuratorium	Seite 99
Fraunhofer IZM Kontaktadressen	Seite 100
Impressum	Seite 103

# DAS FRAUNHOFER IZM IN FAKTEN UND ZAHLEN

Im Jahr 2009 wurde damit begonnen, die IZM-Projektgruppe All Silicon System Integration Dresden (ASSID) am Standort Dresden / Moritzburg aufzubauen. Diese Aktivität wurde ermöglicht durch die finanzielle Unterstützung der Europäischen Union, des BMBF und des Landes Sachsen. Mit der Einrichtung dieses neuen Zentrums erweitert das Fraunhofer IZM sein Dienstleistungsspektrum im Bereich der 3D-Systemintegration beträchtlich (vgl. auch Seite 19).

## Finanzielle Situation

Die Wirtschaftskrise ist auch am Fraunhofer IZM nicht spurlos vorüber gegangen.

Aus der Wirtschaft sind die Aufträge im Jahr 2009 um rund ein Drittel auf 6,6 Millionen Euro zurückgegangen. Auf Basis der zuverlässigen Förderung durch die öffentliche Hand blieb die Summe der Erträge aus diesem Bereich mit 12,7 Millionen Euro stabil.

Dank intensiver Bemühungen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts und eines konsequenten Sparkurses konnte zum Jahresende dennoch ein ausgeglichenes Betriebsergebnis erreicht werden. Der Umsatz des Fraunhofer IZM sank auf 27,2 Millionen Euro, was auf Kosteneinsparungen von 1,1 Millionen Euro zurückzuführen ist.

## Geräteinvestitionen und Labore

Die seit Jahren umfangreichste Investition konnte in der IZM-Projektgruppe ASSID am Standort Dresden/Moritzburg begonnen werden. Aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), des Landes Sachsen und des BMBF wurde eine Gesamtsumme von 49,9 Millionen Euro bereitgestellt. Diese Mittel stehen in den Jahren 2009 und 2010 für den Kauf eines Gebäudes und einer Geräteerausstattung zur Verfügung.

Darüber hinaus hat das Fraunhofer IZM aus dem Konjunkturprogramm 1 der Bundesregierung 3,3 Millionen Euro Investitionsmittel erhalten. Auf dieser Grundlage werden zukünftig am Institut u. a. Technologien zur Realisierung energieeffizienter Leistungsmodule entwickelt und die Optimierung von LEDs vorangetrieben. Eine neue Linie zur Substratfertigung ermöglicht die Realisierung einer durchgängigen Prozessierung von Substraten einer maximalen Größe von 610 mm x 456 mm (vgl. auch Seite 20 dieses Berichts).

Mit Unterstützung durch strategische Mittel der Fraunhofer-Gesellschaft konnten in Berlin zwei Investitionsmaßnahmen realisiert werden.

## Integriertes Test- und Qualifizierungssystem für hochminiaturisierte Systems in Package (SiP)

Im Rahmen dieser Investitionsmaßnahme wurde der Schwerpunkt des bisherigen EMV-Labors um die notwendigen Kompetenzen im Bereich Test und Qualifizierung für SiPs erweitert. Dabei wurden vor allem in Messtechnik für elektrische Signale höherer Frequenzen investiert.

Einen weiteren Schwerpunkt der zukünftigen Arbeiten im Bereich der hochminiaturisierten SiPs bildet die enge Verknüpfung der entwurfsmethodischen Ansätze und der Test- und Qualifizierungsergebnisse. Hierfür wurde als Teil der Investitionsmaßnahme in neue Entwurfswerkzeuge investiert. Der Gesamtumfang der Investitionen beträgt 750 000 Euro.

## Montageanlage für Mikrobrennstoffzellen

Mit der Beschaffung einer Montageanlage für Mikrobrennstoffzellen wurden die gerätetechnischen Voraussetzungen geschaffen, um miniaturisierte PEM-Brennstoffzellen maschinenunterstützt mit hoher Ausbeute und Reproduzierbarkeit aufbauen und konfektionieren zu können. Der Gesamtumfang der Investitionen beträgt 250 000 Euro.

Auch am Standort München konnten verschiedene Maßnahmen realisiert werden.

## Bayerisches Demonstrationszentrum Polytronik

Für insgesamt 196 000 Euro wurde eine Laboranlage für chemische Oberflächenbehandlung von Folien angeschafft, um präzise reproduzierbare Folienbehandlung und Oberflächeneigenschaften im Prozess zu erzielen und diese charakterisieren zu können. Zur Montage von Foliensystemen wurde eine Präzisionswickelmaschine sowie eine Schneide- und Fügeeinrichtung für Foliensubstrate aufgebaut.

## AG Sensormaterialien

Für 91 000 Euro wurden ein Fluoreszenzspektrometer, ein Spektrometer und ein Zetasizer zur Materialcharakterisierung von chemischen Sensormaterialien und Nanopartikeln angeschafft.

## MiMiBay

Die Summe von 198 000 Euro wurde in einen Topographiemessplatz für Fluidiksysteme mit einer variablen Anschlussmöglichkeit für Fluidikaufbauten, mit Stereomikroskop und Bildaufnahme sowie Druckregeleinrichtung investiert.

## Personalentwicklung

Trotz der angespannten Ertragslage konnte der Personalbestand an den IZM-Standorten Berlin, München und Oberpfaffenhofen konstant gehalten werden. Für die zusätzlich in Dresden geschaffenen Arbeitsplätze konnten bereits die ersten 9 Mitarbeiter eingestellt werden. Damit stieg der Personalbestand des Fraunhofer IZM im Jahr 2009 auf 251 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Weiterhin bietet das Institut Studentinnen und Studenten die Möglichkeit, ihr Studium mit praktischer wissenschaftlicher Arbeit zu kombinieren. Zum Jahresende 2009 sind 150 Praktikanten, Diplomanden und studentische Hilfskräfte am Fraunhofer IZM betreut worden.

Das Fraunhofer IZM stellt weiterhin Ausbildungsplätze zur Verfügung. Im Jahr 2009 wurden 10 Auszubildende als Mikrotechnologien, Fachinformatiker, Feinwerkmechaniker und Kauffrau für Bürokommunikation ausgebildet.

## Ansprechpartner:

M. Richter, meinhard.richter@izm.fraunhofer.de



## AUSZEICHNUNGEN

### **Prof. Herbert Reichl erhält den IEEE Components, Packaging & Manufacturing Technology Award 2010**

Für seine bedeutenden Verdienste um Forschung und Lehre in der Aufbau- und Verbindungstechnik sowie seinen richtungweisenden Einsatz für die Integration von Zuverlässigkeitsaspekten in der Mikroelektronik wird dem Leiter des Fraunhofer IZM, Prof. Herbert Reichl, eine der höchsten Auszeichnungen des weltweit größten Berufsverbandes »Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)« verliehen: der »Components, Packaging & Manufacturing Technology Award 2010«.

Als einer der ersten erkannte er die Bedeutung des Packaging für die Mikroelektronik und schuf am TU Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroperipherik und am Fraunhofer IZM die Verbindung aus erstklassiger Grundlagenforschung und Forschung für die industrielle Anwendung.

### **EUCEMAN-Award und Fraunhofer IZM Special Award 2009 für Prof. Bernd Michel**

Im Rahmen eines Kolloquiums der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Chemnitz am 17. April 2009 wurde Prof. Dr. Bernd Michel anlässlich seines 60. Geburtstags für seine exzellenten Leistungen auf dem Gebiet der Mikro- und Nanozuverlässigkeit mit dem EUCEMAN-Award (European Center for Micro- and Nanoreliability) geehrt. Prof. Herbert Reichl, Leiter des Fraunhofer IZM, würdigte die Leistungen von Prof. Michel beim Aufbau des Fraunhofer IZM. Unter seiner Regie wurde die Zuverlässigkeit als wesentliche Komponente bei der Entwicklung von Systemen etabliert.

Darüber hinaus wurde Prof. Michel in Anerkennung seiner herausragenden wissenschaftlichen Leistungen zur thermomechanischen Zuverlässigkeit von Mikro- und Nanoelektronik mit dem IZM Special Award 2009 ausgezeichnet.

### **Elektronik Ecodesign-Pokal 2009 für Diplomarbeit zum Thema »Energy Harvesting in der Mikrosystemtechnik«**

Die Fachzeitschrift Elektronik hat in diesem Jahr erstmals Jungingenieure und Hochschulen für Diplomarbeiten ausgezeichnet, in denen es um »grüne« Elektronik geht. Wettbewerbsieger ist das von IZM-Direktor Prof. Herbert Reichl geleitete Fachgebiet »Mikroelektronik – Aufbau- und Verbindungstechniken« an der TU Berlin für die dort von Stephan Benecke geschriebene Diplomarbeit »Energy Harvesting in der Mikrosystemtechnik – Technische Möglichkeiten und Grenzen unter Berücksichtigung nachhaltiger Aspekte«.

Die Ergebnisse von Stephan Beneckes Diplomarbeit werden im Rahmen des gemeinsamen TU Berlin/Fraunhofer IZM-Projekts ECoMoS (Energieautarkes Condition Monitoring System) weiterbearbeitet. Ziel von ECoMoS ist die Realisierung eines drahtlosen Netzwerks von energieautarken Funksensorknoten zur Maschinenüberwachung, das in der rauen Umgebung einer Papierfabrik im Rahmen eines regelmäßigen Condition Monitoring installiert werden soll.

### **Peter Ramm erhält IMAPS William D. Ashman Award**

Im November 2009 erhielt Peter Ramm den renommierten Preis der International Microelectronics and Packaging Society (IMAPS) – den William D. Ashman Award – für seine Pionierleistung auf dem Gebiet der 3D-Integration. Der Preis wurde ihm von IMAPS-Präsident Steve Adamson anlässlich des IMAPS International Symposium 2009 in San Jose, Kalifornien überreicht.

Peter Ramm versteht diesen Preis als Auszeichnung seines exzellenten Teams in München, das seit mehr als zwei Jahrzehnten auf dem Gebiet der 3D-Integration forscht.

### **Avantex Innovationspreis für interaktives Kleid**

Im europäischen Forschungsprojekt STELLA (Stretchable Electronics for Large Area Applications) wurde am Fraunhofer IZM und der TU Berlin ein Prozess zur Herstellung dehnbare Schaltungsverträge entwickelt. Auf Basis dieser Innovation entwickelten Designstudenten von der HTW- und der UdK Berlin neue Konzepte für die smarte Kleidung der Zukunft. Die interdisziplinäre Kooperation zwischen Designern und einer Gruppe von IZM-Forschern wurde mit dem diesjährigen Avantex Innovationspreis für ein interaktives Kleid ausgezeichnet.

### **Auszeichnung für IZM-Auszubildenden**

Für seine hervorragenden Prüfungsergebnisse bei der Gesellenprüfung zum Feinmechaniker wurde Christian Dombrowski, Auszubildender am Fraunhofer IZM, gemeinsam mit anderen Auszubildenden der Fraunhofer-Gesellschaft ausgezeichnet. Exzellente Prüfungsergebnisse haben am Fraunhofer IZM mittlerweile Tradition: Nach Julia Moch im Jahr 2006 und Janine Scholtz im Jahr 2007 ist Christian Dombrowski schon der dritte Auszubildende am Fraunhofer IZM, der aufgrund seiner herausragenden Prüfungsergebnisse ausgezeichnet wird.

### **Rolf Aschenbrenner ist neuer CPMT-Präsident**

Mit Beginn des Jahres 2010 übernimmt Rolf Aschenbrenner vom Fraunhofer IZM den Vorsitz der CPMT-Gesellschaft des IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.). Die Components, Packaging, & Manufacturing Technology (CPMT) Gesellschaft ist die bedeutendste internationale Interessensvertretung von Wissenschaftlern und Ingenieuren, die in den Bereichen Mikrosystemtechnik und Electronic Packaging arbeiten. Bereits seit 2003 repräsentiert Rolf Aschenbrenner als Mitglied des IEEE CPMT-Vorstands europäische Interessen auf dem internationalen Parkett der Mikrosystemtechnik und hat sich insbesondere bei der Entwicklung und Einrichtung neuer Chapter verdient gemacht. Von 2003 bis 2005 war er als Vizepräsident für den Bereich Technik, von 2005 bis 2009 dann in gleicher Funktion für den Bereich Konferenzen zuständig.

### **Dr. Martin Schneider-Ramelow ist 1. Vorsitzender von IMAPS Deutschland**

Seit Anfang 2010 ist Dr.-Ing. Martin Schneider-Ramelow der 1. Vorsitzende des deutschen IMAPS-Chapters. Die International Microelectronics and Packaging Society (IMAPS) ist der größte Mikroelektronikverband weltweit mit über 10.000 Mitgliedern. IMAPS Deutschland e. V. wurde 1973 gegründet, gegenwärtig sind ca. 300 Privat- und Firmenmitglieder hier organisiert. Martin Schneider-Ramelow leitet am Fraunhofer IZM gemeinsam mit Rolf Aschenbrenner die Abteilung System Integration and Interconnection Technologies mit rund 100 Mitarbeitern. Neben seiner Tätigkeit für IMAPS Deutschland ist er auch im Deutschen Verband für Schweißtechnik DVS, dem European Center for Power Electronics e. V. ECPE und der VDE/VDI-Fachgesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik (GMM) aktiv.

1 Rolf Aschenbrenner, Dr. Martin Schneider-Ramelow

2 Prof. Bernd Michel und Prof. Herbert Reichl anlässlich der Überreichung des Euceman Awards

# VORLESUNGEN, EDITORIALS

## Vorlesungen

### TU Berlin

#### Prof. K. Bock

- Mikro- und Nanosystemintegration
- Technologien polytronischer Mikrosysteme

#### Prof. H. Reichl

- Technologien der Heterosystemintegration
- Grundlagen der Elektrotechnik

#### Prof. H. Reichl / O. Bochow-Neß

- Zuverlässigkeit von Mikrosystemen

#### Dr. S. Guttowski

- EMV in der Leistungselektronik und Antriebstechnik

#### Dr. I. Ndip

- Elektromagnetische Zuverlässigkeit von Mikrosystemen

#### Dr. N. F. Nissen

- Design umweltverträglicher elektronischer Produkte

#### Dr. M. Schneider-Ramelow

- Werkstoffe der Systemintegration

#### Dr. M. Töpfer

- Physikalisch-Chemische Grundlagen der MST

### TU München

#### Dr. M. Richter

Gastvorlesung: Theoretische Grundlagen der Mikrofluidik

## Universität Stuttgart

#### Dr. M. Richter

Ringvorlesung aus der Reihe Technikfolgenabschätzung:  
»Mikrofluidik – alles strömt« Anwendungsperspektiven von  
Mikrofluidaktoren

## Editorials

### Micro- and Nanosystems (Bantam Science Publishers Ltd.)

Bock, K. (Member of Editorial Board)

### Future Fab International, Mazik Media Inc., San Francisco

Ramm, P. (Member of Editorial Board)

### Materials and Technologies for 3D Integration, Warrendale, Pennsylvania

Ramm, P. (Member of Editorial Board)

### International Journal MicroSystem Technology

Michel, B. (Editor)

### Micro- and Nanomaterials

Michel, B. (Editor)

# DISSERTATIONEN, BEST PAPER-AUSZEICHNUNGEN

## Dissertationen

#### Gaul, H.

Berechnung der Verbindungsqualität beim Ultraschall-Wedge/  
Wedge-Bonden

#### Hutter, M.

Verbindungstechnik höchster Zuverlässigkeit für optoelek-  
tronische Komponenten

#### Middendorf, A.

Lebensdauerprognostik unter Berücksichtigung realer  
Belastungen am Beispiel von Bondverbindungen bei thermo-  
mechanischen Wechselbeanspruchungen

## Best Paper-Auszeichnungen

### IMPACT Outstanding Paper Award für D. Manassis

Auf der 4th International Microsystems, Packaging, Assembly  
and Circuits Technology (IMPACT) Conference in Taipeh (Tai-  
wan) wurden die IZM-Forscher Dionysios Manassis, Lars Boett-  
cher, Andreas Ostmann, Stefan Karaszkiwicz und Herbert  
Reichl mit dem Outstanding Paper Award 2009 geehrt.

Die IZM-Wissenschaftler erhielten die Auszeichnung für ihr Pa-  
per »Breakthroughs in Chip Embedding Technologies Leading  
to the Emergence of Further Miniaturised System-in-Packa-  
ges«. In dem ausgezeichneten Konferenzbeitrag werden die  
Möglichkeiten zur Einbettung von Chips mit sehr geringem  
peripherem Kontaktmittenabstand von bis zu 100 µm disku-  
tiert und die Grenzen dieser Technologie ausgelotet. Ein weite-  
rer Fokus sind die Aktivitäten im EU-Projekt HERMES mit Blick  
auf die industrielle Nutzung von Chip-Einbetttechnologien.

### I. Ndip mit Best Paper of Session Award bei der IMAPS 2009 geehrt

Für ihr herausragendes Paper »Modeling and Analysis of a  
New Packaging Structure for Noise Isolation in Mixed-Signal  
Systems« wurden Ivan Ndip, Stephan Guttowski und Herbert  
Reichl mit dem IMAPS 2009 Best Paper of Session Award  
geehrt.

In dem ausgezeichneten Paper wurden das »Platz«-Problem  
sowie elektromagnetische Zuverlässigkeitsprobleme bei her-  
kömmlichen Rauschunterdrückungsstrukturen (z. B. elektrom-  
agentische Band Gap-Strukturen) quantifiziert.

# MITGLIEDSCHAFTEN (AUSWAHL)

<b>Academy of Sciences of New York</b>	Prof. B. Michel	Member
<b>Advanced Metallization Conference AMC</b>	Dr. P. Ramm	Executive Committee
<b>AMA Wissenschaftsrat, Fachverband Sensorik</b>	Dr. V. Großer	Member
<b>Arnold Sommerfeld Gesellschaft zu Leipzig</b>	Prof. B. Michel	Scientific Committee
<b>CATRENE - EAS Working Group on Energy Autonomous Systems</b>	Dr. R. Hahn	Member
<b>Deutsche Venture Capital Gesellschaft</b>	Prof. H. Reichl	Advisory Board Member
<b>Deutscher Verband für Schweißtechnik DVS</b>	Dr. K.-D. Lang	Executive Board
<b>DVS Working Group »Bonden«</b>	Dr. M. Schneider-Ramelow	Vice Chairman
<b>EcoDesign 2009</b>	Dr. N. Nissen	International Co-Chair
<b>Electronic Components and Technology Conference</b>	Prof. K. Bock	Tec. Program Committee
<b>Electronic Systems Integration Technology Conference ESTC 2010</b>	R. Aschenbrenner Dr. K.-D. Lang	General Chair Executive Chair
<b>ENIAC - European Technology Platform</b>	Prof. H. Reichl	Domain Team Leader
<b>EOS European Optical Society</b>	Dr. H. Schröder	Member
<b>ESD Association</b>	Dr. H. Gieser, H. Wolf	Tec. Program Committee
<b>EUCEMAN, European Center for Micro- and Nanoreliability</b>	Prof. B. Michel	President
<b>EU Network of Excellence Multi Material Micro</b>	Dr. M. Richter	Head of Division
<b>EURIPIDES Scientific Advisory Board</b>	Dr. K.-D. Lang, M. J. Wolf	Member
<b>First Sensor GmbH</b>	Prof. H. Reichl	Advisory Board Member
<b>Ferdinand Braun Institut für Höchstfrequenztechnik</b>	Prof. H. Reichl	Scientific Board
<b>GaAs ManTech</b>	Prof. K. Bock	Tec. Program Committee
<b>IMAPS Deutschland</b>	Dr. M. Schneider-Ramelow	President

<b>IMAPS</b>	Prof. H. Reichl	Fellow
<b>IMAPS</b>	Dr. I. Ndip	National Tec. Committee
<b>International Technology Roadmap Semiconductors (ITRS)</b>	M. J. Wolf	Chairman Europe
<b>JISSO European Council</b>	M. J. Wolf	Member
<b>KSG Leiterplatten</b>	Prof. H. Reichl	Advisory Board Member
<b>Materials Research Society (MRS)</b>	Dr. P. Ramm	Symposium Organizer
<b>MEDEA+, Scientific Committee</b>	Prof. H. Reichl	Member
<b>SEMI Award Committee</b>	Dr. K.-D. Lang	Member
<b>Silicon Sensor</b>	Prof. H. Reichl	Advisory Board
<b>The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE), USA</b>	Prof. H. Reichl	IEEE Fellow
<b>IEEE Component, Packaging and Manufacturing Technology Society</b>	R. Aschenbrenner	President
Technical Committees:		
Green Electronics, Manufacturing and Packaging	Dr. N. Nissen	Technical Chair
MEMS and Sensor Packaging	E. Jung	Technical Chair
Wafer Level Packaging	Dr. M. Töpfer	Technical Chair
IEEE CPMT German Chapter	Dr. K.-D. Lang	Chair
<b>VDI/VDE-Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik (GMM)</b>	Dr. K.-D. Lang	Chairman
<b>VDMA, Fachverband Mikroelektronik, Vorstand Modulare Mikrosysteme</b>	Dr. V. Großer	Member
<b>Wissenschaftlich-technischer Rat der Fraunhofer-Gesellschaft</b>	D. Bollmann	Representative of Fraunhofer IZM
<b>Zentrum für Mikrosystemtechnik Berlin</b>	Dr. K.-D. Lang	Speaker of the Board

# KOOPERATIONEN MIT DER INDUSTRIE (AUSWAHL)

<b>AEMtec</b>	Berlin
<b>AIM Infrarotmodule GmbH</b>	Heilbronn
<b>Airbus Deutschland GmbH</b>	Hamburg, Laupheim
<b>Aktiv Sensor GmbH</b>	Berlin
<b>Andus Electronic GmbH</b>	Berlin
<b>ASEM Mühlbauer</b>	Dresden
<b>Atmel Germany</b>	Dresden, Heilbronn
<b>Atotech Deutschland GmbH</b>	Berlin
<b>Bachmann electronic GmbH</b>	Feldkirch (A)
<b>Blackrock Microsystems</b>	Salt Lake City (USA)
<b>Brose Fahrzeugteile GmbH &amp; Co KG</b>	Coburg
<b>Carl Zeiss SMT</b>	Oberkochen
<b>Ceramtec AG</b>	Markredwitz
<b>Compass EOS</b>	Israel
<b>Continental Automotive Systems</b>	Nürnberg, München
<b>Daimler AG</b>	Stuttgart, München
<b>Dilas Diodenlaser GmbH</b>	Mainz
<b>Double Check Semiconductor</b>	Berlin
<b>Dow Chemical Company</b>	Midland, MI (USA)
<b>Drägerwerk AG</b>	Lübeck
<b>DuPont</b>	Raleigh (USA)
<b>Dyconex AG</b>	Bassersdorf (CH)
<b>EADS</b>	Paris, Toulouse (F), München, Ulm, Dresden
<b>Emerson &amp; Cuming</b>	Westerlo (BE), Bridgewater (USA)
<b>EPCOS AG</b>	München, Berlin
<b>ESYS GmbH</b>	Berlin

<b>Evonik Industries</b>	Marl
<b>Fiat</b>	Turin (I)
<b>First Sensor GmbH</b>	Berlin
<b>General Electric, Medizintechnik</b>	USA
<b>Gennum Corporation</b>	Burlington (CDN)
<b>GlobalFoundry</b>	Dresden
<b>GMN GmbH</b>	Nürnberg
<b>HARTING Mitronics AG</b>	Biel (CH)
<b>Häusermann GmbH</b>	Gars am Kamp (A)
<b>Hella KG aA Hueck &amp; Co</b>	Lippstadt
<b>Hirschmann Laborgeräte GmbH &amp; Co KG</b>	Eberstadt
<b>hmp Heidenhain Mikroprint GmbH</b>	Berlin
<b>IBM Zurich Research Laboratory</b>	Zürich (CH)
<b>IMC</b>	Berlin
<b>Infineon AG</b>	München, Regensburg, Dresden
<b>Intel</b>	Feldkirchen, München
<b>KSG Leiterplatten</b>	Gornsdorf
<b>Liebherr-International Deutschland GmbH</b>	Lindau
<b>LTI Drives GmbH</b>	Lahnau
<b>Magna Donnelly</b>	Winzendorf (A)
<b>Mandigo GmbH</b>	München
<b>Mignos GmbH</b>	Deckenpfronn
<b>Microcontrol Electronics</b>	Mailand (I)
<b>Mikrogen GmbH</b>	Neuried
<b>MPD Microelectronic Packaging Dresden GmbH</b>	Dresden
<b>Nanotest und Design GmbH</b>	Berlin

<b>Numerik Jena GmbH</b>	Jena
<b>NXP Semiconductors GmbH</b>	Hamburg
<b>Odelo</b>	Kamp-Lintfort, Schwaikheim
<b>OSRAM Opto Semiconductors GmbH</b>	Regensburg
<b>Panalytical</b>	Almelo (NL)
<b>Panasonic</b>	Wiesbaden
<b>Paritec GmbH</b>	Weilheim
<b>PerkinElmer Elcos GmbH</b>	Pfaffenhofen
<b>Philips</b>	Eindhoven (NL), Aachen
<b>pjsji Lumenova</b>	Esslingen
<b>Posic S.A.</b>	Neuchâtel (CH)
<b>Pro Tec Carrier Systems GmbH</b>	Siegen
<b>Qimonda AG</b>	Dresden
<b>Raumedic AG</b>	Helmbrechts
<b>Replisaurus</b>	Kista (S)
<b>Ricoh Company Ltd.</b>	Yokohama (J)
<b>Robert Bosch GmbH</b>	Stuttgart, Berlin, Reutlingen, Hildesheim, Waiblingen
<b>Rohde &amp; Schwarz GmbH</b>	München
<b>Rosenberger Hochfrequenztechnik GmbH</b>	Fridolfing
<b>Schlumberger</b>	France, US
<b>Schott / NEC</b>	Mainz
<b>Schweizer Elektronik AG</b>	Schramberg
<b>Sensata Technologies Holland B.V. Almelo</b>	Almelo
<b>Sensitec Naomi</b>	Mainz
<b>Sentech Instruments GmbH</b>	Berlin
<b>Siemens AG</b>	Brunnthal-Nord

<b>Smart Fuel Cell AG</b>	Brunnthal
<b>Sony</b>	Tokyo (J)
<b>ST Microelectronics</b>	Agrate Brianza (I); Tours (F)
<b>Surteco SE</b>	Butterwiesen-Pfaffenhofen
<b>Süss Microtec GmbH</b>	Garching, München
<b>Swissbit Germany AG</b>	Berlin
<b>Tanaka Denshi Kogyo Co. Ltd.</b>	Tokyo (J)
<b>Texas Instruments</b>	Freising
<b>Thales</b>	Palaiseau (F)
<b>TOK – Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd.</b>	Kawasaki (JP)
<b>Tronic's Microsystems S.A</b>	Grenoble (F)
<b>VISystems</b>	Berlin
<b>Wacker Chemie AG</b>	München
<b>W. C. Heraeus</b>	Hanau
<b>ZF Luftfahrttechnik</b>	Bodensee



# PUBLIKATIONEN

*Alberti, M.; Yacoub-George, E.; Hell, W.; Landesberger, C.; Bock, K.*

**Biomolecular self-assembly of micrometer sized silica beads on patterned glass substrates**

Applied Surface Science, Netherlands, Utrecht, Elsevier, 2009

*Ansorge, F.; Stigler, T.; Heumann, K.; Ifland, D.; Reichl, H.*

**Embedding of Electronics and System in Package using Generative Processes**

VR@P 2009, Leiria, Portugal, October 2009

*Aschenbrenner, R.; Ostmann, A.*

**Chip Embedding Technology for IC Packaging, International Wafer-Level Packaging Conference**

IWLPC 2009, Opening Speaker, Santa Clara, CA, USA, October 2009

*Baumgartner, T.; Töpper, M.; Klein, M.; Schmid, B.; Knödler, D.; Kuisma, H.; Nurmi, S.; Kattelus, H.; Dekker J.; Schachler, R.;*

**3-D packaging concept for cost effective packaging of MEMS and ASIC on wafer level**

Proceedings, EMPC 2009, Rimini, June 2009

*Becker, K.-F.; Koch, M.; Kahle, R.; Braun, T.; Bottcher, L.; Ostmann, A.; Kostelnik, J.; Ebling, F.; Noack, E.; Sommer, J.P.; Richter, M.; Schneider, M.; Reichl, H.*

**Embedding technologies for an automotive radar system**

ECTC 2009, San Diego, USA, 2009

*Benecke, S.; Nissen, N. F.; Reichl, H.*

**Environmental Comparison of Energy Scavenging Technologies for Micro System Applications**

Proceedings of the 2009 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology, 2009, IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology, Phoenix, Arizona, USA, May 2009

*Boettcher, L.; Manassis, D.; Ostmann, A.; Karaszkiwicz, S.; Reichl, H.*

**Chip embedding technology - New technological challenges for a reliable System-in-Package realization**

IMAPS Device Packaging Conference and workshop (DPC), Arizona, USA, March 2009

*Braun, T.; Bauer, J.; Becker, K.-F.; Koch, M.; Bader, V.; Kahle, R.; Aschenbrenner, R.; Reichl, H.*

**Plastic Packaging for High Temperature Applications**

Proceedings Hiten 2009, Oxford, UK, September 2009

*Curran, B.; Ndip, I.; Werner, C.; Rutkowski, V.; Maiwald, M.; Wolf, H.; Zoellmer, V.; Domann, G.; Guttowski, S.; Gieser, H.; Reichl, H.*

**Modeling and Measurement of Coplanar Transmission Lines with Significant Proximity and Surface Roughness Effects**

IEEE European Microwave Conference, Rome, Italy, September/ October 2009

*Deubzer, O.; Nissen, N. F.; Reichl, H.*

**Status and Development of Material Bans in Electronics in Europe**

EcoDesign 2009, Sapporo, Japan, December 2009

*Eckert, T.; Müller, W. H.; Nissen, N. F.; Reichl, H.*

**A Solder Joint Fatigue Life Model for Combined Vibration and Temperature Environments**

ECTC 2009, San Diego, USA, 2009

*Fritzsich, T.; Mroßko, R.; Baumgartner, T.; Toepper, M.; Klein, M.; Wolf, J.; Wunderle, B.; Reichl, H.;*

**3-D Thin Chip Integration Technology – from Technology Development to Application**

3DIC IEEE International 3D System Integration Conference 2009, San Francisco, California, USA, September 2009

*Gaul, H.; Schneider-Ramelow, M.; Reichl, H.*

**Analysis of the Friction Processes in Ultrasonic Wedge / Wedge-Bonding**

Microsystem Technologies, 2009

*Geißler, U.; Schneider-Ramelow, M.; Reichl, H.*

**Hardening and Softening in AlSi1 Bond Contacts During Ultrasonic Wire Bonding**

IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies 32(2009)4

*Herz, M.; Hansmann, J.; Selmsberger, M.; Richter, M.*

**Bioreactor with integrated high performance micro-pumps for skin and colon tissues**

Workshop Microdosing Systems, Fraunhofer IZM-Munich, October 2009

*Jovic, O.; Stuermer, U.; Wilkening, W.; Bari, A.; Maier, C.*

**Susceptibility of PMOS Transistors under High RF Excitations at Source Pin**

EMC Zürich, 2009

*Klink, G.; Bock, K.*

**Elektronische Systemintegration auf Kunststofffolien**

PLUS - Produktion von Leiterplatten und Systemen, Deutschland, 2009

*König, M.; Bock, K.; Klink, G.*

**Micro-contact Printing of OTFT on Polymer Foils**

ECTC 2009, San Diego, USA, 2009

*Landesberger, C.; Wieland, R.; Ramm, P.; Bock, K.*

**Electrostatic Carrier Technique for Thin Wafer Processing**

Future Fab Magazine (Internet) , San Francisco, CA, USA, 2009

*Marquardt, K.; Hahn, R.; Blechert, M.; Lehmann, M.; Töpper, M.; Reichl, H.;*

**Development of near hermetic silicon/glass cavities for packaging of integrated lithium micro batteries**

Journal of Microsystem Technologies, Springer, 2009

*Michel, B.*

**Research on Microreliability and Nanoreliability**

Microreliability and Nanoreliability publication series, Fraunhofer IZM and ENAS, Berlin, no. 9(2009)

*Ndip, I.; Guttowski, S.; Reichl, H.*

**Modeling and Analysis of a New Packaging Structure for Noise Isolation in Mixed-Signal Systems**

42nd International Symposium on Microelectronics (IMAPS 2009), San Jose, CA, USA, November 2009

Niedermayer, M.; Hefer, J.; Guttowski, S.; Reichl, H.

**SENESCOPE: A Design Tool for Cost Optimization of Wireless Sensor Nodes**

IPSN Track on Sensor Platform, Tools and Design Methods for Networked Embedded Systems SPOTS2009, IEEE Computer Society Press, San Francisco, CA, 2009

Niehoff, K.; Schreier-Alt, T.; Schindler-Saefkow, F.; Kittel, H.

**Thermo-mechanical Stress Analysis**

EMPC 2009, Rimini, Italy, June 2009

Ohnimus, F.; Ndip, I.; Engin, E.; Guttowski, S.; Reichl, S.

**Study on Shielding Effectiveness of Mushroom-type Electromagnetic Bandgap Structures in Close Proximity to Patch Antennas**

IEEE Loughborough Antennas & Propagation Conference, November 2009

Ostmann, A.; Manassis, D.; Boettcher, L.; Karaszkiwicz, S.; Reichl, H.

**Realisation of Embedded-Chip QFN Packages – Technological Challenges and Achievements**

EMPC, European Microelectronics and Packaging Conference, Rimini, Italy, June 2009

Prentner, S.; Selmansberger, M.; Bucher, M.; Richter, M.

**Cell release with megasonic sound**

Workshop Microdosing Systems, Fraunhofer IZM-Munich, October 2009

Ramm, P.; Klumpp, A.; Weber, J.; Taklo, M.

**3D Integration Technologies**

Invited Paper, Proceedings Design, Test, Integration and Packaging of MEMS/MOEMS – DTIP2009, Rome, Italy, 2009

Ramm, P.; Klumpp, A.; Weber, J.; Taklo, M.

**3D System-on-Chip Technologies for More than Moore Systems**

Journal of Microsystem Technologies (Springer)

Ring, K.

**Reliability of Press Fit Contacts and Adjoining SMD Components on Printed Circuit Boards**

55 IEEE Holm Conference on Electrical Contacts, Vancouver, Canada, September 2009

Schneider-Ramelow, M.; Schmitz, S.; Schuch, B.; Grübl, W.

**Kirkendall voiding in Au ball bond interconnects on Al chip metallization in the temperature range from 100–200°C after optimized intermetallic coverage**

EMPC 2009, Rimini, Italy, June 2009

Thomasius, R.; Jordan, G.; Kim, J.-U.; Schröder, H.; Reichl, H.

**FreshScan - Microsystems based spectroscopic measurements for logistic chain monitoring in the meat industry**

Smart Systems Integration, Brussels, Belgium, March 2009

Töpper, M.;

**Through-Silicon Via – Stapeltechnik der nächsten Generation**

12. Handelsblatt Jahrestagung Halbleiter Industrie, Munich, 2008

Töpper, M.; Baumgartner, T.; Klein, M.; Oppermann, H.; Reichl, H.;

**Low Cost Wafer-Level 3-D Integration without TSV**

ECTC 2009, San Diego, USA, 2009

Wagner, S.; Krumbholz, S.; Hahn, R.; Reichl, H.;

**Influence of structure dimensions on self-breathing micro fuel cells**

Journal of Power Sources 190, 2009

Wege, S.

**Einflussfaktoren auf die Zuverlässigkeit von BGA – und QFN – Lötverbindungen**

SMT/Hybrid/Packaging 2009, Messe Nürnberg, Tutorial, May 2009

Wolf, H.; Gieser, H.; Bock, K.

**Investigating the ESD Robustness of RF Circuits and Elements by Transmission Line Pulsing**

2009 CS MANTECH, Tampa, USA, May 2009

Wolf, M.J.; Zoschke, K.; Klumpp, A.; Wieland, R.; Klein, M.; Neblich, L.; Heinig, A.; Pechlaner, A.; Weber, W.; Limansyah, I.; Reichl, H.

**3D Integration of Image Sensor SiP using TSV Silicon Interposer**

Proceedings, EPTC 2009, Singapur, December 2009

Wolf, M.J.; Reichl, H.; Lang, K.-D.;

**Heterogeneous System Integration - A Key Technology for Future Microelectronic Applications**

EMPC 2009, Rimini, Italy, June 2009

Wunderle, B.; Michel, B.

**Reliability Concepts of Microsystem Integration**

European Conference on Smart Systems Integration, Brussels, Belgium, March 2009

Wunderle, B.; Becker, K.-F.; Sinning, R.; Wittler, O.; Schacht, R.; Walter, H.; Schneider-Ramelow, M.; Halser, K.; Simper, N.; Michel, B.; Reichl, H.

**Thermo-mechanical reliability during technology development of power chip-on-board assemblies with encapsulation**

Microsystem Technologies 15 (9) , July 2009

Yang, Y.; Bisogno, F.; Schittler, A.; Radecker, M.; Nittayarumphong, S.; Fischer, W.-J.; Fahlenkamp, M.

**Comparison of Inductor Half-Bridge and Class-E Resonant Topologies for Piezoelectric Transformer Applications**

IEEE ECCE 2009, Poster P1108, Proceedings, September 2009

# PATENTE & ERFINDUNGEN

*Bock, K.; Schunk, S.*

**Einrichtungsgegenstand mit einem Mehrschichtsystem zur Bereitstellung einer elektrischen Funktionalität**

DE 10 2008 062809

*Hahn, R.*

**Magnetisches Bauelement mit Spiralspule(n), Arrays solcher Bauelemente und Verfahren zu ihrer Herstellung**

DE 10 2005 039379

*Hahn, R.*

**Brennstoffzellenanordnung, ein diese enthaltender Versuchsstand und Verfahren zu deren Herstellung**

DE 10 2006 051320

*Hahn, R.; Wagner, S.*

**Brennstoffzellenanordnung und Verfahren zur Herstellung der Brennstoffzellenanordnung**

DE 10 2006 041503

*Hutter, M.; Engelmann, G.; Töpfer M.; Oppermann, H.*

**Verfahren zur Herstellung einer Lotmetallisierung**

DE 10 2008 014577

*Landesberger, C.; Richter, M.; Bock, K.*

**Masterstruktur zum Prägen und/oder Bedrucken eines Grundmaterials**

DE 10 2009 018849

*Ramm, P.; Klumpp, A.*

**Elektronisches System und Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen elektronischen Systems**

DE 10 2007 044685

*Reichl, H.; Wolf, M. J.*

**Verbindungsstruktur und Verfahren zur Herstellung einer Verbindungsstruktur**

DE 10 2009 012643

*Reichl, H.; Wolf, M. J.; Wieland, R.; Zoschke, K.*

**Verfahren zum Herstellen einer halbleiterbasierten Schaltung und halbleiterbasierte Schaltung mit dreidimensionaler Schaltungstopologie**

DE 10 2008 038946

*Richter, M.*

**Filteranordnung und Verfahren zur Herstellung einer Filteranordnung**

DE 10 2009 012347

*Yacoub, E.; Klink, G.; Landesberger, C.; Drost, A.*

**Verfahren zur Herstellung einer Schichtstruktur in einem durchlaufenden Verfahren**

DE 10 2009 050809

*Wolf, J.; Zoschke, K.; Fischer, T.; Toepfer, M.; Reichl, H.*

**Funktionseinheit und Verfahren zu deren Herstellung**

DE 10 2008 022733

# KURATORIUM

## Vorsitzender

Dr. W. Schmidt

*Plantcare AG, Russikon, Schweiz*

## Mitglieder

Dr. H.-J. Bigus

*Hirschmann Laborgeräte GmbH & Co KG, Eberstadt*

M. Boeck

*A.S.T. Angewandte System Technik GmbH, Wolnzach*

M. Bothe

*VDE-Prüfinstitut, Offenbach*

W. Effing

*Giesecke & Devrient GmbH, München*

Dr. S. Finkbeiner

*Robert Bosch GmbH, Stuttgart*

C. Gehring

*Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie BMBF, Bonn*

U. Hamann

*Bundesdruckerei GmbH, Berlin*

Prof. Dr. K. Kutzler

*Präsident der Technischen Universität Berlin, Berlin*

Senatsrat B. Lietzau

*Senatsverwaltung für Wissenschaft, Forschung und Kultur, Berlin*

Dr. M. Meier

*Advanced Technology Management, Hilterfingen, Schweiz*

Dr. F. Richter

*Thin Materials AG, Eichenau*

Dr. G. Ried

*Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, München*

Prof. Dr. Ir. Albert L. N. Stevels

*TU Delft, Delft, Niederlande*

M. Stutz

*Dell GmbH, Frankfurt a. M.*

Dr. T. Wille

*NXP Semiconductors GmbH, Hamburg*

# FRAUNHOFER IZM KONTAKTADRESSEN

// FACTS & FIGURES

## Institutsleiter (bis 31. März 2010)

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Herbert Reichl  
Telefon +49 30 46403-100  
info@izm.fraunhofer.de

## Institutsleiter (kommissarisch ab 01. April 2010)

Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Klaus-Dieter Lang  
Telefon +49 30 46403-179  
klaus-dieter.lang@izm.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Karlheinz Bock  
Telefon +49 89 54759-506  
karlheinz.bock@izm-m.fraunhofer.de

## Leitungsassistenz

Dipl.-Ing. M. Jürgen Wolf  
Telefon +49 30 46403-606  
juergen.wolf@izm.fraunhofer.de

## Leitung Administration

Dipl.-Ök. Meinhard Richter  
Telefon +49 30 46403-110  
meinhard.richter@izm.fraunhofer.de

## Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Georg Weigelt  
Telefon +49 30 46403-279  
georg.weigelt@izm.fraunhofer.de

## Marketing

Dipl.-Ing. Harald Pötter  
Telefon +49 30 46403-136  
harald.poetter@izm.fraunhofer.de

Dipl.-Päd. Simone Brand  
Telefon +49 89 54759-138  
simone.brand@izm-m.fraunhofer.de

## Hauptsitz Berlin

Leitung: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Herbert Reichl (bis 31.3.2010)  
Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Klaus-Dieter Lang  
(kommissarisch ab 1.4.2010)  
Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin

## Abteilung High Density Interconnect & Wafer Level Packaging

Leitung: Dipl.-Phys. Oswin Ehrmann  
Telefon +49 30 46403-124  
oswin.ehrmann@izm.fraunhofer.de

## Abteilung Systemintegration und Verbindungstechnologien

Leitung: Dipl.-Phys. Rolf Aschenbrenner  
Telefon +49 30 46403-164  
rolf.aschenbrenner@izm.fraunhofer.de

Leitung: Dr.-Ing. Martin Schneider-Ramelow  
Telefon +49 30 46403-172  
martin.schneider-ramelow@izm.fraunhofer.de

## Abteilung PCB Soldering Training/Qualification and Micro Mechatronics

(in Oberpfaffenhofen)  
Leitung: Dr. Ralph Stömmmer  
Telefon +49 8153 403-21  
ralph.stoemmer@izm.fraunhofer.de

## Abteilung Micro Materials Center Berlin

Leitung: Prof. Dr. rer. nat. habil. Bernd Michel  
Telefon +49 30 6392-3610  
bernd.michel@izm.fraunhofer.de

## Abteilung Environmental Engineering

Leitung: Dr. Nils F. Nissen  
Telefon +49 30 46403-132  
nils.nissen@izm.fraunhofer.de

## Abteilung System Design & Integration

Leitung: Dr.-Ing. Stephan Guttowski  
Telefon +49 30 46403-632  
stephan.guttowski@izm.fraunhofer.de

## Institutsteil München

Leitung: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Herbert Reichl  
(bis 31.3.2010)  
Prof. Dr.-Ing. Karlheinz Bock (kommissarisch ab 1.4.2010)  
Hansastraße 27d, 80686 München

## Hauptabteilung Polytronics and Multifunctional Systems

Leitung: Prof. Dr.-Ing. Karlheinz Bock

Abteilung Polytronische Systeme  
Leitung: Dr.-Ing. Karlheinz Bock  
Telefon +49 89 54759-506  
karlheinz.bock@izm-m.fraunhofer.de

Abteilung Mikromechanik, Aktorik und Fluidik  
Leitung: Dr. Martin Richter  
Telefon +49 89 54759-455  
martin.richter@izm-m.fraunhofer.de

## Hauptabteilung Nanomaterialien und Bauelemente

Leitung: Prof. Dr. Ignaz Eisele

Abteilung Nanomaterials and Devices  
Leitung: Prof. Dr. Ignaz Eisele  
Telefon +49 89 54759-189  
ignaz.eisele@izm-m.fraunhofer.de

Abteilung Silizium-Technologie und VSI  
Leitung: Dr. Peter Ramm  
Telefon +49 89 54759-539  
peter.ramm@izm-m.fraunhofer.de

## Projektgruppen

### All Silicon System Integration Dresden (ASSID)

Leitung: Dipl.-Ing Jürgen Wolf  
Ringstr. 12, 01468 Moritzburg  
Telefon +49 351 7955 72-12  
juergen.wolf@izm.fraunhofer.de

### Trainingszentrum für Verbindungstechnologien (ZVE)

Leitung: Dr. Ralph Stömmmer  
Argelsrieder Feld 6, 82234 Oberpfaffenhofen-Weßling  
Telefon +49 8153 403-21  
ralph.stoemmer@oph.izm.fraunhofer.de

### Mikro-Mechatronik Zentrum (MMZ)

Leitung: Dr.-Ing. Frank Ansorge  
Argelsrieder Feld 6, 82234 Oberpfaffenhofen-Weßling  
Telefon +49 8153 9097-500  
frank.ansorge@mmz.izm.fraunhofer.de

### Zentrum für Mikrosystemtechnik (ZEMI) in Berlin

Leitung: Dr.-Ing. Martin Schneider-Ramelow  
Volmerstraße 9A, 12489 Berlin  
Telefon +49 30 6392-8172  
martin.schneider-ramelow@izm.fraunhofer.de

### Applikationszentrum Smart System Integration

Leitung: Dipl.-Ing. Harald Pötter, Dr.-Ing. Stephan Guttowski  
Gustav-Meyer-Allee 25, Gebäude 26, 13355 Berlin  
Telefon +49 30 46403-742  
harald.poetter@apz.izm.fraunhofer.de  
stephan.guttowski@apz.izm.fraunhofer.de

### Arbeitsgruppe Sensormaterialien

Leitung: Dr. Gerhard Mohr  
c/o Analytische Chemie  
Universitätsstr. 31 / Josef-Engert-Str. 9, 93053 Regensburg  
Telefon +40 9419 4357-26

# IMPRESSUM

**Herausgeber:**

Dr. Klaus-Dieter Lang, Fraunhofer IZM  
Harald Pötter, Fraunhofer IZM  
<http://www.izm.fraunhofer.de>

**Redaktionelle Bearbeitung:**

Georg Weigelt, Fraunhofer IZM  
Martina Creutzfeldt, mcc Agentur für Kommunikation GmbH

**Layout / Satz:**

Tine Linder, mcc Agentur für Kommunikation GmbH  
<http://www.mcc-pr.de>

© Fraunhofer IZM 2010

**Fotografie:**

Sämtliche Bildrechte Fraunhofer IZM, ansonsten Fraunhofer IZM zusammen mit Tim Deussen (5, 7), Volker Döring (16, 21, 31), Fotolia ( jaddingt (9), Alban Egger (74), fotobeam (82)), Karin Leiberg (78), Jürgen Lösel (Titel, 48, 58, 65), Dirk Mathesius (25, 81), Bernd Müller (36, 45), Erik Müller (87), Photocase (designer111 (10), jba (26), golfoto (29))